



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SELVITYS DESTIA OY:N KIVITUHKAMÄÄRISTÄ JA KIVITUHKAN NYKYISISTÄ JA UUSISTA KÄYTTÖMAH- DOLLISUUKSISTA.

TEKIJÄ: Iikka-Jussi Pitkänen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Iikka-Jussi Pitkänen	
Työn nimi Selvitys Destia Oy:n kivituhkamääristä ja kivituhkan nykyisistä ja uusista käyttömahdollisuuksista.	
Päiväys 17.11.2015	Sivumäärä/Liitteet 49/2
Ohjaaja(t) yliopettaja Pasi Pajula sekä lehtori Raimo Lehtiniemi	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Destia Oy/Kiviainesyksikkö	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Kivituhka on kiviainestuotannossa jalostuksen yhteydessä syntyvä lopputuote. Kivituhkaksi käsitellään kiviaines, jonka maksimiraekoko on 6-8 mm. Kivituhka sisältää runsaasti hienoaainesta, joka on routiva materiaali, eikä sitä siksi pystytä hyödyntämään laajasti maarakentamisessa. Kiviainestuotantajalle kivituhka on ongelmallinen murskaustuote, koska sen menekki on vähäistä ja ajan kanssa tuotetta kerääntyy maa-aineksen ottoalueille.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Destia Oy:n varastoidun kivituhkan määrä aluekohtaisesti, selvittää nykyiset käyttökohteet ja miettiä mahdollisia uusia käyttömahdollisuuksia tuotteelle Destia Oy:n markkina-alueella. Opinnäytetyössä on esitelty kiviainestuotannon ja murskaustekniikoiden perusteita, jotta ymmärrettäisiin kivituhkan syntymistä murskausprosessin aikana. Kivituhkamäärien ja nykyisten käyttökohteiden selvittämiseksi haastateltiin Destia Oy:n kiviainesyksiköiden myynti- ja työmaapäälliköitä.</p> <p>Haastattelututkimuksella saatiin kerättyä tietoa Pohjois-, Itä-, Länsi-, Keski-, ja Etelä-Suomen alueille varastoiduista kivituhkamääristä. Tutkimuksessa ilmeni myös nykyiset käyttökohteet ja pystyttiin toteamaan, että kivituhkan menekki on marginaalista. Haastattelututkimuksen merkittävimmäksi ideaksi havaittiin ilmaluokittimen käyttö murskausprosessissa. Ilmaluokittimella pystytään erottelemaan kivituhkasta routiva hienoaaines ja kivituhka pystytään jalostamaan maanrakennuskäyttöön sopivaksi tuotteeksi jo murskausvaiheessa. Ilmaluokittimen lisäämisellä murskausprosessiin pystytään ennaltaehkäisemään kivituhkan syntymäärää ja jalostamaan kivituhka maarakentamiseen soveltuvaksi tuotteeksi.</p>	
<p>Avainsanat</p> <p>Kivituhka, kiviainestuotanto, murskaus, kiviaineksen jalostaminen, ilmaluokitin</p>	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author Iikka-Jussi Pitkänen			
Title of Thesis Report about quantity, current and new possibilities of use of crushed fine aggregates in Destia Ltd.			
Date	17 November 2015	Pages/Appendices	49/2
Supervisor(s) Mr. Pasi Pajula, principal lecturer and Mr. Raimo Lehtiniemi, lecturer			
Client Organization/Partners Destia Ltd/Aggregate unit			
<p>Abstract</p> <p>Fine crushed aggregate is an end product which originates from aggregate production. The maximum grain size of fine crushed aggregate is from 6 to 8 millimeters. Fine crushed aggregate contains plenty of fines, which are able to freeze and that is why it is not suitable for earthworks. Fine crushed aggregates are problem for aggregate producers, because in time the fine aggregates accumulate in production areas.</p> <p>The main goals of this thesis were to find out the amount of stored fine aggregates, current use of fine aggregates and think about new possibilities of usage of fine aggregates in Destia's market sector. The basics of aggregate production and crushing techniques were studied in this thesis so that the origin of fine aggregates during aggregate production could be understood. To find out the quantity of stored fine aggregates and current use of fine aggregates an interview research was done concerning Destia Ltd. aggregate units nationwide.</p> <p>With the help of the interview research it was possible to find out information about all stored and current use of fine aggregates in Destia's production site was managed to find out during interview research. The conclusion of the interview was that the consumption of fine aggregates is marginal.</p> <p>As a result of this thesis it was find out that the most significant idea was to refine fine aggregates with an air classifier during production. With air classifier it is possible to separate the very fine and grain size from actual aggregate, which makes fine aggregates suitable for earthworks. Using the air classifier as part of the crushing process can decrease the quantity of fine aggregates and develop fine aggregates to a product that can be used in earthworks.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Fine aggregates, aggregate production, crushing, aggregate development, air classifier</p>			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Destia Oy:lle kevään ja erikoisen pitkältä tuntuvan syksyn 2015 aikana. Haluan kiittää Destia Oy:n kiviainesyksikön johtajaa, Lauri Niemeä mahdollisuudesta opinnäytetyön tekemiseen. Lisäksi haluan kiittää konsernin kiviainesyksikön henkilöstöä ideoista, tuesta ja neuvoista.

Kiitokset myös opinnäytetyön ohjaajalle, yliopettaja Pasi Pajulalle ohjeistuksesta sekä Rudus Oy:n murskauksen toimialajohtajalle, Reijo Savolaiselle haastattelusta ja tutkimusmateriaaleista.

One man's garbage is another man person's good ungarbage

(Rob Wells)

Kuopiossa 19.11.2015

Iikka-Jussi Pitkänen

SISÄLTÖ

SANASTO.....	7
1 JOHDANTO	8
2 KIVIAINESTUOTANTO YLEISESTI	9
2.1 Kiviainekset Suomessa	9
2.2 Yleistä kiviaineksen murskauksesta	11
2.3 Murskaimet	14
2.3.1 Esimurskaus	18
2.3.2 Välimurskaus ja jälkimurskaus (hienomurskaus ja kuutiointi)	18
2.4 Yleisimmät murskauskokoonpanot	19
2.4.1 Track-tyyppinen laitos	19
2.4.2 Kiinteä murskauslaitos	21
3 KIVITUHKAN MUODOSTUMINEN JA SEN KÄYTTÖKOHTEET	23
3.1 Kivituhka yleisesti	23
3.2 Kivituhkan ja hienoaineksen muodostuminen murskausprosessissa	24
3.3 Kivituhkan käyttö materiaalina	26
4 SELVITYS KIVITUHKAMÄÄRISTÄ JA NYKYISISTÄ KÄYTTÖKOHTEISTA DESTIA OY:SSÄ	30
4.1 Varastoidun kivituhkan määrä Destia Oy:n maa-ainesalueilla	30
4.2 Haastattelututkimus kivituhkan käyttökohteista ja hyödyntämismahdollisuuksista	31
4.2.1 Pohjois-Suomen kiviainesyksikkö	31
4.2.2 Länsi-Suomen kiviainesyksikkö	32
4.2.3 Etelä-Suomen kiviainesyksikkö	32
4.2.4 Keski-Suomen kiviainesyksikkö	33
4.2.5 Itä-Suomen kiviainesyksikkö	33
4.3 Haastattelututkimuksen tulosten yhteenveto	34
4.4 Tulosten analysointi	37
5 KIVITUHKAN JATKOJALOSTAMINEN ILMALUOKITTIMEN AVULLA	39
5.1 Idean synty	39
5.2 Yleistä Nordbeg AC 27 -ilmaluokittimesta	39
5.3 Ilmaluokittimen sijoittaminen murskausprosessiin	41
5.4 Ilmaluokittimen hyödyt	43
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	45

LÄHTEET	46
LIITE 1: ESITIETOLOMAKE.....	48
LIITE 2: HAASTATTELUN KYSYMYSRUNKO	49

SANASTO

KaM	Kalliomurske
KaM 0/16	Kalliomursketta, jonka pienin raekoko on 0 mm ja suurin raekoko on 16 mm.
KaM 0/16 AB	Kalliomursketta, jonka pienin raekoko on 0 mm ja suurin raekoko on 16 mm. AB tarkoittaa, että murske soveltuu asfalttibetonin kiviainekseksi.
KaM 0/16 PAB	Kalliomursketta, jonka pienin raekoko on 0 mm ja suurin raekoko on 16 mm. AB tarkoittaa, että murske soveltuu pehmeään asfalttibetonin kiviainekseksi.
KaM 0/16 SRT	Kalliomursketta, jonka pienin raekoko on 0 mm ja suurin raekoko on 16 mm. SRT tarkoittaa sitä, että lajike soveltuu sorateiden tasaukseen.
Murske	Lajite, josta poistettu tiettyä raekokoa suuremmat rakeet (esim. KaM 0/16 mm)
Rikotus	Louhitut kivenlohkareet rikotaan pienemmäksi kaivinkoneeseen asennetun hydraulisen vasaran avulla.
Sepeli	Lajite, josta poistettu tiettyä raekokoa pienemmät ja suuremmat rakeet seulomalla (esim. KaM 8/16 mm)

1 JOHDANTO

Destia Oy omistaa yhteensä n. 300 maa-ainesaluetta ympäri Suomea, joissa harjoitetaan tai on harjoitettu murskaustoimintaa ja maa-ainesten ottoa. Kivituhkaa syntyy aina kun luonnonkiveä murskaataan ja murskaustoiminnalla tuotetaan tapauskohtaisesti raekooltaan erikokoisia lajikkeita. Tuotetut lajikkeet voidaan jakaa karkeasti murskeisiin ja sepeliin. Murskeita tehtäessä kivituhkaa ei jää ylimääräiseksi vaan se kuuluu tuotteeseen, mutta sepeliä tehtäessä kivituhka on sivutuote.

Kivituhkaa pystytään käyttämään jonkin verran infrarakentamisessa ja kunnossapidossa mm. asennushiekkana tai sitä voidaan seuloa hiekoitussepeliksi, mutta sen käyttö rakentamisessa on vähäistä. Tämän työn tavoitteena on selvittää Destia Oy:n varastoidun kivituhkan määrä aluekohtaisesti ja miettiä mahdollisia uusia käyttökohteita tuotteelle Destia Oy markkina-alueella.

Destia Oy on kiinnostunut uusista ja kannattavista kivituhkan hyödyntämismahdollisuuksista, koska joillakin maa-ainesalueilla kivituhkaa jää hyödyntämättä. Kivituhka täytyy aina varastoida varastokasoihin eli se myös vie tilaa tuotantoalueilta. Eroja varastoidun kivituhkan määrään aiheuttaa luonnollisesti myös kivituhkan kysyntä eri alueilla.

Keskeisenä menetelmänä tietoa ja ideoita tähän opinnäytetyöhön kerätään Destia Oy:n kiviainesyksikön myynti- ja työmaapäälliköitä haastatteleamalla, kirjallisuudesta ja internetlähteistä. Tietoa murskausmenetelmistä ja kivituhkan hyödyntämismahdollisuuksista etsitään kirjallisuudesta ja internetlähteistä. Jokainen maa-ainesalue on luonteeltaan erilainen johtuen sijainnista, sora- ja kallioaluiden kivilajeista. Sijainti vaikuttaa oleellisesti kuljetuskustannuksiin, joka taas vaikuttaa oleellisesti tuotteen hintaan kuluttajalle. Paikallisilla alue- ja työmaapäälliköillä on myös parempi käsitys alueiltaan tapahtuvista rakennushankkeista, joihin kivituhkaa mahdollisesti voitaisiin käyttää.

2 KIVIAINESTUOTANTO YLEISESTI

2.1 Kiviainekset Suomessa

Kiviaineksilla tarkoitetaan hiekkaa, soraa ja murskattua kalliota. Kiviaineksia saadaan luvallisista, maa-ainesten ottoon tarkoitetuista soraharjuista ja kallioalueista. Hiekkaa voidaan käyttää infrarakentamisessa harvoissa tapauksissa sellaisenaan, mutta yleisesti hiekkaa ja soraa täytyy murskata tai seuloa. Suomessa murskattava kallio joudutaan irrottamaan kallioperästä louhimalla ennen sen jalostamista jälleenmyyntiä varten.

Suomessa kiviaineksia tarvitaan n. 100 miljoonaa tonnia vuodessa infra-, rakennus-, ja kunnossapitoalan tehtävissä ympärivuotisesti. Suurin osa kiviaineksista käytetään tie- ja katuverkoston sekä rautateiden rakentamiseen ja ylläpitoon. Rakenteiden ja rakennusten perustaminen routarajan alapuolelle lisää kiviainesten kulutusta. Yhden kerrostaloasunnon tekeminen vaatii n. 100 tonnia kiveä, omakotitalo 3-4 kertaa enemmän ja kilometrin pituisen maantien rakentamiseen kuluu n. 17 000-24 000 tonnia kiviaineksia. Peli- ja urheilukenttien päällysteisiin kuluu n. 50 000 tonnia kiviaineksia vuodessa. Lisäksi talviaikana tarvitaan hiekoitushiekkaa ja -sepeä. Suomi on omavarainen kiviainesten suhteen. (Rakennusteollisuus.fi; SYKE 2010, 7.)

Suomen ympäristökeskuksen julkaisema taulukko kiviainesten käytöstä Suomessa vuosina 2000 – 2008 perustuu Pia Rämön ja Jari Rintalan laatimaan tilastoon kiviainesten tuotantomääristä ja tuotteista. (SYKE 2010). Taulukosta 1 näkee, että jalostettujen kiviainesten käyttö on lisääntynyt vuodesta 2000, pääasiassa jalostetun kalliokiviaineksen käytön lisäämisellä. Jalostetulla kalliokiviaineksellä tarkoitetaan murskattua kalliota ja jalostetulla soralla ja hiekalla tarkoitetaan seulottua ja/tai murskattua soraa ja hiekkaa. Jalostetuista kiviaineksista 10 % kuluu betonin, ja n. 10 % asfaltin valmistukseen.

Taulukko 1 Kiviainesten käyttö Suomessa 2000 - 2008 (SYKE 2010, 13. Muokattu lähteestä SYKE 2010)

<i>Vuosi</i>	<i>Jalostettu kalliokiviaines (milj. t)</i>	<i>Jalostettu sora ja hiekka (milj. t)</i>	<i>Jalostamaton sora ja hiekka (milj. t)</i>	<i>Yhteensä (milj.t)</i>	<i>Jalostetun kiviaineksen osuus (%)</i>
2000	37	23	32	92	65,2
2001	38	23	30	91	67,0
2002	39	22	29	90	67,8
2003	40	21	31	92	66,3
2004	43	24	33	100	67,0
2005	45	24	29	98	70,4
2006	49	24	32	105	69,5
2007	54	26	33	113	70,8
2008	60	25	28	113	75,2

Kiviainesala työllistää n. 3 000 henkilöä ja kuljetus mukaan luettuna toimialan liikevaihto on puolen miljardin euron luokkaa. Kuljetuskustannukset muodostavat merkittävän osan tuotteen hinnasta asiakkaalle. (SYKE 2010, 7.)


Sora-alueille myönnettävät maa-aineksen ottamisluvat ovat vähentyneet yli 20 % ja kallion ottoluvat vastaavasi lisääntyneet n. 60 % vuosina 1998–2008. Kallionoton lisääntynyt lupamäärä selittyy sillä, että soravarannot ovat vähentyneet vuosien saatossa, pohjavedensuojelua soranottoalueilla on tehostettu ja kalliomateriaalin louhinta- ja murskaustekniikka on kehittynyt taloudellisesti kilpailukykyisemmäksi. Kallionotto tulee korvaamaan soravarojen käyttöä entistä enemmän tulevaisuudessa. (SYKE 2010, 7.)

Maa-ainesta otettaessa vaikutetaan aina maisemakuvaan sekä geologisiin ja biologisiin luonnonarvoihin. Soranottoalueet sijaitsevat harjualueilla, jotka ovat usein tärkeitä pohjavesialueita. Tämän seurauksena soranotto muodostaa merkittävän riskin pohjavesiesiintymälle. Suunnittelematon ja valvomaton maa-ainesten otto on haitaksi luonnolle ja alueella asuville ihmisille. Toiminnassa syntyy mm. pölyä ja melua, sekä erilaiset kemikaali- ja polttoainevuodot ovat mahdollinen riski pohjavedelle. Oikeilla välineillä, huolellisella suunnittelulla ja oikeilla toimintatavoilla riskit ovat minimoitavissa. Maa-ainesten ottoa ja kiviainestuotantoa koskevat ainakin seuraavat lait ja asetukset: (SYKE 2010, 8-10; YM 2009, 7):

- Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVAL 468/1994)
- Maa-ainelaki (MAL 555/1981) ja – asetus (MAA 926/2005)
- Vesilaki (VL 587/2001)
- Ympäristönsuojelulaki (YSL 527/2014) ja Valtioneuvoston asetus (VNA 713/2014) ympäristönsuojelusta
- Valtioneuvoston asetus (800/2010) kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta
- Valtioneuvoston asetus (379/2008) kaivannaisjätteistä

Kiviaineksella on myös erilaisia laatuvaatimuksia käyttökohteista riippuen. Laatuvaatimuksia säädelään EU-tason tuotestandardeilla ja kansallisilla määräyksillä. Kiviaineksen pitää täyttää nämä laatuvaatimukset, koska se joutuu ajan kuluessa kestäämään kovaa mekaanista rasitusta, kulutusta ja talviaikana kosteutta ja pakkasta.

Kriteerit täyttävälle kiviainekselle on kehitetty CE-merkki, joka tarkoittaa että kiviaineksen tuotannossa ja laadunvalvonnassa on noudatettu harmonisoituja tuotestandardeja ja kiviaines täyttää CE-merkinnän tekniset vaatimukset (rakeisuus, lujuus, jne.) Kuvassa 1 on esitetty esimerkki CE-merkitystä 8/16 kalliosepelistä.

		Mitä merkintä tarkoittaa?
Kiviaines Oy, Louhostie 5, 44444 KIVI 05 0000-CPD-0000		<i>Ilmoitetun laitoksen tunnusnumero</i> <i>Kiviaineksen valmistaja</i> <i>Vuosi, jolloin CE-merkintä kiinnitetty</i> <i>Vaatimuksenmukaisuustodistuksen numero</i>
EN 13043, Kiviainekset asfalttimassoissa Kauppanimi: KallioM, Hervanta 8/16 Kalliokiviaines		<i>Noudatettava standardi</i>
Raekoko	8/16	<i>Raekoon ylä- ja alaraja</i>
Rakeisuus	$G_{C90/10}$ $11,2 \text{ mm} - 65 \% G_{25/15}$	<i>Rakeisuusluokka, ylä- ja alarajan läpäisyprosentin raja-arvo</i> <i>Väliseulan läpäisyprosentti ja sen poikkeamaluokka</i>
Hienoainespitoisuuden luokka	$f_{0,5}$	
Raemuoto	FI_{10}	<i>Litteysluvun luokka, maksimiarvo 10</i>
Kiintotiheys	$2,65 \dots 2,70 \text{ Mg/m}^3$	<i>Kiintotiheyden vaihteluväli</i>
Vedenimeytyminen	$< 0,4 \%$	<i>Vedenimeytymisen ilmoitettu arvo</i>
Murtopintaisten rakeiden osuus	$C_{100/0}$	<i>Kalliomurske kuuluu aina luokkaan $C_{100/0}$</i>
Nastarengaskulutuskestävyys	A_N10	<i>Nastarengaskulutuskestävyyden luokka, tuloksen maksimiarvo 10</i>
Koostumus	Hienorakeinen graniitti Ei sisällä sulfidimineraaleja	<i>Petrografinen nimi</i>
Jäädytys-sulatuskestävyys	Hyväksytty, $WA_{24} I$	<i>Vedenimeytymisen luokka, koska vedenimeytyminen $< 1 \%$, tuote on jäädytys-sulatuskestävää</i>

Kuva 1 Esimerkki asfalttikiviaineksen CE-merkinnästä, karkea kiviaines. (Asfalttinormit 2011, 112)

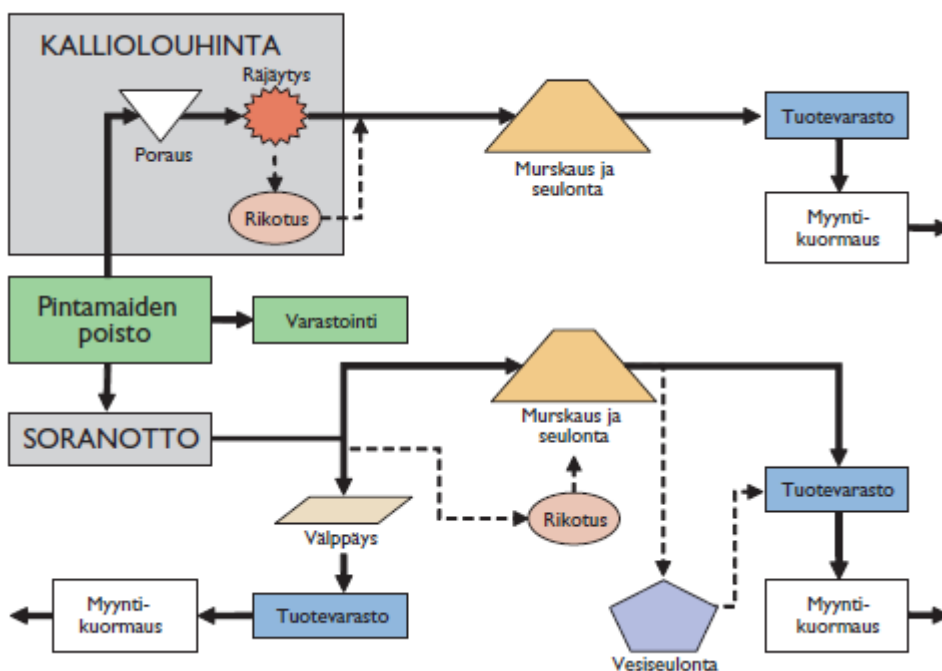
2.2 Yleistä kiviaineksen murskauksesta

Kiviaineksen murskauksella tarkoitetaan kiviaineksen jalostamista haluttuun raekokoon. Tuotantoprosessiin vaikuttavat ottoalueen kivilaatu ja halutun murskaustuotteen käyttötarkoitus ja sille asetetut vaatimukset. Yleensä hiekka- ja sora-alueilla voidaan seulominen ja murskaaminen aloittaa pintamaiden poiston jälkeen suoraan, mutta kallioalueilla kivi täytyy irrottaa räjäyttämällä ennen murskausta. Seulontaa ja murskaustoimintaa Suomessa harjoittavat mm. yksityiset maanomistajat, kiviainesmyyjät ja kaivosyhtiöt. Eri toimijoilla toiminnan periaatteet ovat samat, mutta jalostetun kiviaineksen määrät vaihtelevat suuresti. Murskaustoiminnan kesto vaihtelee kohteittain. Yksittäisillä soran- tai kallionottoon tarkoitetulla alueella murskaustoiminta voi kestää muutaman päivän kerrallaan, muutaman kerran vuodessa. Isoilla kaivoksilla murskaustoiminta voi olla aloitettu vuosikausia sitten joka jatkuu edelleen. Murskaustyöt aloitetaan yleensä vasta silloin kun halutulle lajikkeelle on tilaaja.

Sivulla 13 kuva 2 selventää kiviainestuotannon prosessia. Kallio- ja sora-alueelle on kummallekin ominaista poistaa ensimmäiseksi pintamaat, eli aluskasvillisuus ja puusto. Poistetut pintamaat ja puusto varastoidaan alueelle.

Kallioalueilla seuraava toimenpide on panosten poraus, räjäytys ja mahdollinen lohcareiden rikotus. Räjäytys yleensä suunnitellaan siten, että rikutusta ei tarvita, mutta joskus lohcareet jäävät ylisuuriksi. Rikotuksessa louhe rikotaan yleensä alle 600 mm:n raekokoon, koska esimurskaimeen syötettävä maksimirakekoko on 600 mm. Murskauksen ja seulonnan jälkeen tuotetut lajikkeet kasataan omiin varastokasoihinsa, joista niitä voidaan kuormata asiakkaalle.

Sora-alueella maa-aineksen otto voidaan aloittaa suoraan pintamaiden poiston jälkeen. Välppäyksellä poistetaan sorasta mahdolliset ylisuuret lohcareet, jotka ohjataan edelleen murskaukseen tai rikotukseen. Välppäty sora voi olla sellaisenaan valmis tuote. Murskauksen jälkeen toimenpiteet ovat samoja kuin kalliolouhinnassa, paitsi jos sorassa on hienoainesta (savea tai silttiä) niin se poistetaan vesiseulonnalla. (SYKE 2010, 20).



Kuva 2 Kiviainestuotannon prosessikaavio (SYKE 2010, 17)

Kiviaineksen geometriset, mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet määräävät sen käyttötarkoituksen. CE-merkintä asettaa vaatimukset kullekin tuotettavalle lajikkeelle. Vaikuttavat ominaisuudet ovat (Asfalttinormit 2011, 14-22.)

- murskattavan kiviaineksen mineraalikoostumus
- hienoainespitoisuus
- rakeisuus ja rakeiden osuus
- raemuoto
- murtopintaisten rakeiden osuus

- kiviaineksen nastarengaskulutuskestävyys
- kiintotiheys
- vedenimeytyminen
- jäädytys-sulatuskestävyys
- hienoaineksen laatu
- humuspitoisuus
- bitumin ja kiviaineksen välinen tartunta.

Ominaisuudet vaikuttavat tehtyyn tuotteeseen kun esim. murskataan kahdella eri kallioalueella kiviainesta, joista toisella alueella tehdään 0/16 SOP:a ja toisella alueella 0/16 SMA:a. SOP on soratien pintaukseen käytettävä, sitomaton kiviainelajike. Soratiet ovat yleensä harvakseltaan liikennöityjä tienpätkiä. SMA on kivimastiksipäällyste, eli korkealuokkaista, karkeaa, lähes tasarakeista murskattua kiviainesta. Kivimastiksiasifalttia käytetään kulutuskerroksen materiaalina vilkkaasti liikennöidyillä valtateilla ja kaduilla, koska se kestää deformaatiot. CE-merkintä asettaa SOP:lle ja SMA:lla ihan erilaiset laatuvaatimukset, koska niiden käyttötapa ja käyttökohde poikkeavat toisistaan hyvin paljon. (Asfalttinormit 2011, 98.)

Kun maa-ainesalueelle suunnitellaan kiviainestuoantoa, tehdään kiviainekselle yleensä alkutestaus. Alkutestauksessa suoritetaan sarja EN-standardisoituja testejä, joilla varmistetaan kiviaineksen käytökelpoisuus tuotantoa varten. Alkutestaukseen kuuluvat testit ovat esiteltynä taulukossa 2, josta näkee, että mitä erilaisia testausmenetelmiä on suoritettava erilaisiin käyttötarkoituksiin suunnitellulle kiviainekselle.

Alkutestauksessa tehdään kaikki kiviaineksen käytön kannalta oleelliset testit eli osoitetaan tuotteen kelpoisuus aiottuun käyttötarkoitukseen. Raaka-aineen alkutestaukset suoritetaan EN – standardien mukaisilla testausmenetelmillä. Alkutestaus suoritetaan aina, kun otetaan käyttöön uusi raaka-aine-esiintymä. Mikäli raaka-aineessa havaitaan tuotteen ominaisuuksiin vaikuttavia muutoksia, alkutestaus tehdään muuttuneiden ominaisuuksien osalta uudelleen. (Destia Oy 2014, 6.)

Taulukko 2 Alkutestauksen EN-standardien mukaiset testit (Destia Oy 2014, 6)

Testi	SFS-EN 12620 Betonikiviainekset	SFS-EN 13043 Kiviainekset teiden, lentokenttien ja muiden liikennöityjen alueiden asfalttimassoihin ja pintauksiin	SFS-EN 13242 Maa- ja vesirakentamisessa ja tienrakenteissa käytettävät sitomattomat ja hydraulisesti sidotut kiviainekset	SFS-EN 13450 Raidesepelikiviainekset
Petrografia	x	x	x	x
Iskunkestävyys			x	x
Nastarengaskulutuskestävyys		x		
Kulutuskestävyys				x
Humuspitoisuus	x			
Kiintotiheys	x	x	x	x
Vedenimeytyminen	x	x	x	x
Jäädytys-sulatuskestävyys	x ⁽¹⁾	x ⁽¹⁾	x ⁽¹⁾	x ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Tehdään, mikäli petrografinen koostumus tai vedenimeytyminen antaa aiheita

Yksinkertaistettuna tyypillinen murskauslaitos koostuu esi-, väli-, ja jälkimurskaimista, hihnakuuljettimista ja seuloista. Murskaimien, hihnakuuljettimien ja seulojen tyyppi, koko ja määrä riippuu murskattavan kiviaineksen ominaisuuksista, tuotetuista lajikkeista ja käytettävissä olevasta kalustosta. Murskauslaitoksen maksimikapasiteetti on yleensä n. 1 500–5 000 tonnia vuorokaudessa edellä mainituista tekijöistä riippuen. (Destia Oy 2015.)

Kalliosta räjäytetty ja tarvittaessa rikotettu louhe siirretään murskaimeen, jossa sen raekokoa pienennetään vaiheittain haluttuun kokoon. Kiviaineksen käsittelyyn ja siirtelyyn käytetään yleensä kaivinkoneita, pyöräkuormaajia, traktoridumppereita ja kuorma-autoja. Yleisesti kaivinkoneella tai pyöräkuormaajalla syötetään louhetta murskauslaitokseen ja valmiit tuotteet siirretään pyöräkuormaajalla varastokasoihin tai kuormataan kuorma-autoihin, joilla kiviaines toimitetaan pois alueelta. Työkoneiden käyttö eri työvaiheissa, koko ja määrä vaihtelee urakkakohteittain. (Destia Oy 2015.)

2.3 Murskaimet

Kiven murskaus perustuu joko puristukseen tai iskuun ja murskaimet lajitellaan näiden mukaan. Puristuksessa kivi murskautuu kahden metallipinnan välissä ja iskumurskauksessa kiveä isketään vasaralla tai kiven nopeutta kiihdytetään ja se lennätetään metallipintaan, jolloin se murskaantuu. Karkeasti lajiteltuna kovaa kiveä puristetaan ja pehmeämpää isketään, mutta menetelmissä on eroja.

Murskaimet ovat isossa roolissa koko prosessissa ja joutuvat kovalle rasitukselle käytön aikana. Tyypillisessä murskausprosessissa murskaimien läpi kulkee raekooltaan 0 - 600 mm:n kokoista rautaa ja tästä syystä murskaus suoritetaan vaiheittain kunnes haluttu raekoko on saavutettu. Tyypillisesti yh-

den murskaimen murskaussuhde on 6:1, joka tarkoittaa syöttökoon jakamista lopputuotteen koolle. Murskaussuhde 6:1 tarkoittaa sitä, että syötettävän rakeen halkaisija on keskimäärin kuusi kertaa isompi kuin murskaimesta tulleen rakeen halkaisija. (Hakanpää & Lappalainen 2009, 197 - 198.)

Taulukossa 3 havainnollistetaan eri murskaintyyppien ominaisuuksia murskaustoiminnan eri vaiheissa.

Puristumurskaimia ovat

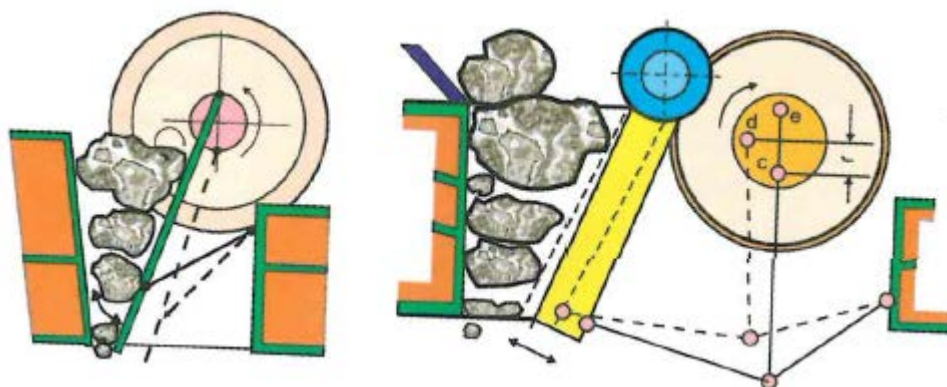
- leukamurskain (Kuva 3)
- kartiomurskain (Kuva 4)
- karamurskain (Kuva 5)
- valssimurskain.

Iskumurskaimia ovat

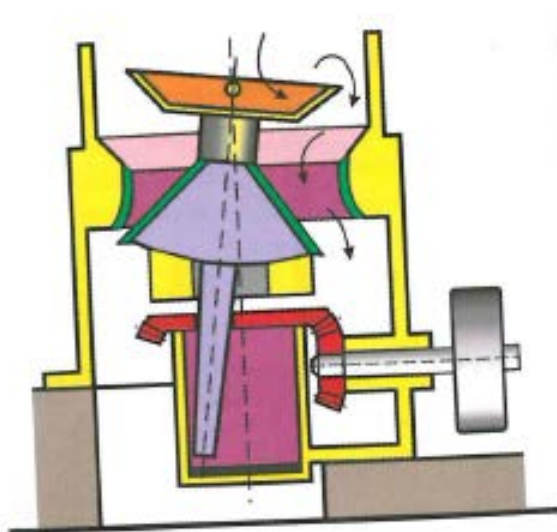
- pysty- ja vaaka-akseliset iskupalkkimurskaimet (Kuva 6) ja (Kuva 7)
- vasaramylly.

Taulukko 3. Eri murskaintyyppien ominaisuuksia eri prosessivaiheissa. (Hakanpää & Lappalainen 2009, 206)

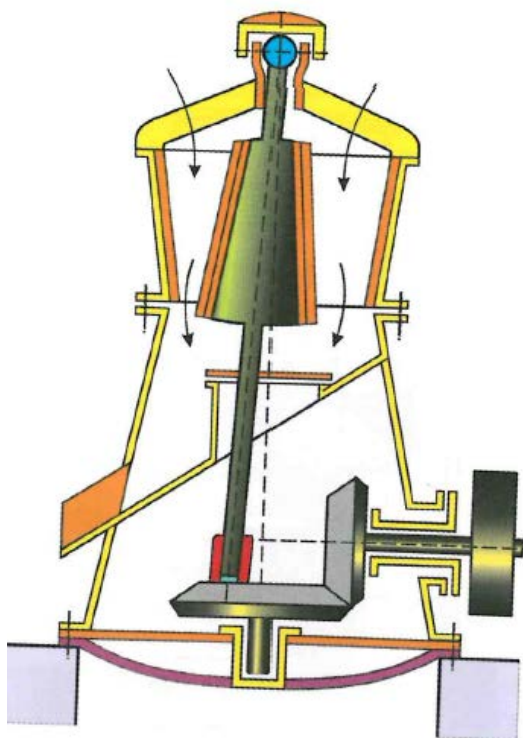
Esimurskaimen tyyppi	Tyypillinen prosessivaihe	Max. syötekoko (mm)	Tyypillinen lopputuotteen max. Koko (mm)	Tyypillinen kapasiteetti (t/h)	Kuluttavuus		Tuotteen hienoaineksen määrä	Tuotteen muotoilu
					matala	korkea		
Esikara	Esimurskaus	1500	200-300	>1200		x	matala	
Leukamurskain	Esimurskaus	1400	200-300	max. 1600		x	matala	
HSI-murskain	Esimurskaus/ välimurskaus	1300	200-300	max. 1800	x		keskitaso/korkea	Kyllä
Kartiomurskain	Välimurskaus	450	60-80	max. 1200	x	x	matala	
Kartiomurskain	Jälkimurskaus	300	0-30	max. 1000	x	x	matala/keskitaso	Kyllä
VSI-autogeeni	Jälkimurskaus	40	0-30	max. 600	x	(x)	korkea	Kyllä
VSI-metalli	Jälkimurskaus/välimurskaus	150	0-30	max. 500	x		korkea	Kyllä



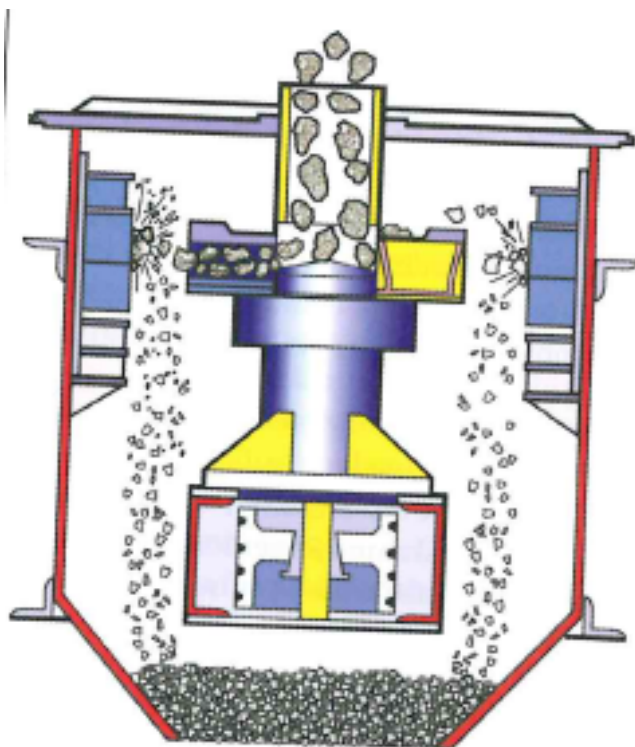
Kuva 3 Kierto- ja heilurityyppinen leukamurskain (Hakanpää & Lappalainen 2009, 201)



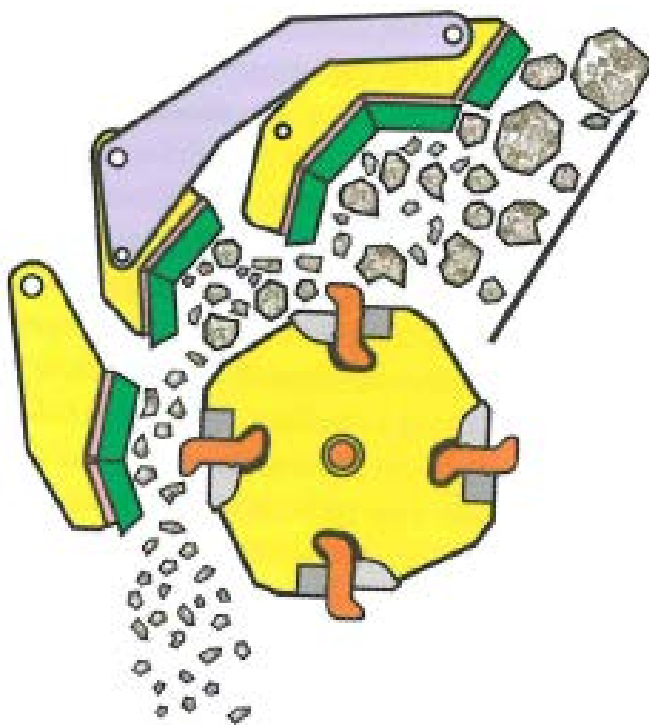
Kuva 4 Kartiomurskain (Hakanpää & Lappalainen 2009, 202)



Kuva 5 Karamurskain (Hakanpää & Lappalainen 2009, 201)



Kuva 6 Pysty akselinen iskupalkkimurskain (Hakanpää & Lappalainen 2009, 203)



Kuva 7 Vaaka-akselinen iskupalkkimurskain (Hakanpää & Lappalainen 2009, 203)

2.3.1 Esimurskaus

Esimurskaus on louhinnan ja mahdollisen rikotuksen jälkeen seuraavaksi suoritettava toimenpide. Esimurskaimen pääasiallinen toimenpide on pienentää materiaalin raekokoa väli- ja jälkimurskausta varten. Esimurskaimien murskaussuhde, eli syötettävän ja lähtevän kiviaineksen raekoon välinen suhde on yleensä 5:1 – 6:1. Syötettävän kiviaineksen maksimiraekoko on yleensä 500–700 mm. Esimurskaimet ovat pääasiassa leuka- tai karamurskaimia, pehmeämmälle materiaalille (hiili, kalkkikivi) käyvät myös valssi- tai iskumurskaimet. (Hakanpää & Lappalainen 2009, 198; Rasimus 2014, 6.)

Kiviainestuotannon puolella yleensä kaivinkone tai pyöräkuormaaja syöttää esimurskainta, ja tärkeä ominaisuus on murskaimen vastaanottokapasiteetti, jolloin korostuu erityisesti murskaimen tukkeutumattomuus. Rikotuksella pyritään ehkäisemään tukkeutuminen, mutta tukkeutumista on vaikea estää täydellisesti. Entisaikaan tukkeumat on poistettu mekaanisesti hakkaamalla tai räjäyttämällä lohkat kidassa, mikä oli merkittävä riski työntekijöiden turvallisuudelle. Nykyaikaiset esimurskaimet on varustettu hydraulisella iskuvasaralla, jota käytetään kauko-ohjatusti esim. kaivinkoneesta käsin ylisuurten lohkatien rikotukseen murskaimen kidassa. Kauko-ohjattava iskuvasaralla ennaltaehkäistään mahdollisia henkilövahinkoja ja kaluston rikkoontumisia. (Hakanpää & Lappalainen 2009, 198.)

2.3.2 Välimurskaus ja jälkimurskaus (hienomurskaus ja kuutiointi)

Välimurskauksella tuotetaan karkeitä tuotteita tai valmistellaan materiaalia jälkimurskausta varten. Erityisesti raidesepeillä on korkeat laatuvaatimukset. Muita lajitteita tehtäessä ei yleensä ole erityisiä

laatuvaatimuksia, kunhan tuote soveltuu hienomurskaukseen. Kara- ja kartiomurskaimet soveltuvat hyvin välimurskaukseen korkean kapasiteettinsa ja matalien käyttökustannustensa vuoksi. (Hakanpää & Lappalainen 2009, 198–199.)

Jälki- eli hienomurskaus määrittää lopputuotteen laadun, joka on merkittävä tekijä etenkin kiviainesteollisuudessa. Kiviainesteollisuudessa asfalttikiviä tuottaessa pyritään tekemään kivistä kuutio- maista, joten kuutiointi ja hienomurskaus suoritetaan yleensä samassa murskausvaiheessa. Käytetyimmät murskaimet tässä toimenpiteessä ovat kartio- ja iskumurskaimia. Materiaalin kuluttavuus, murskattavuus ja haluttu raejakauma määrittävät sopivan murskaimen valinnan. (Hakanpää & Lappalainen 2009, 199.)

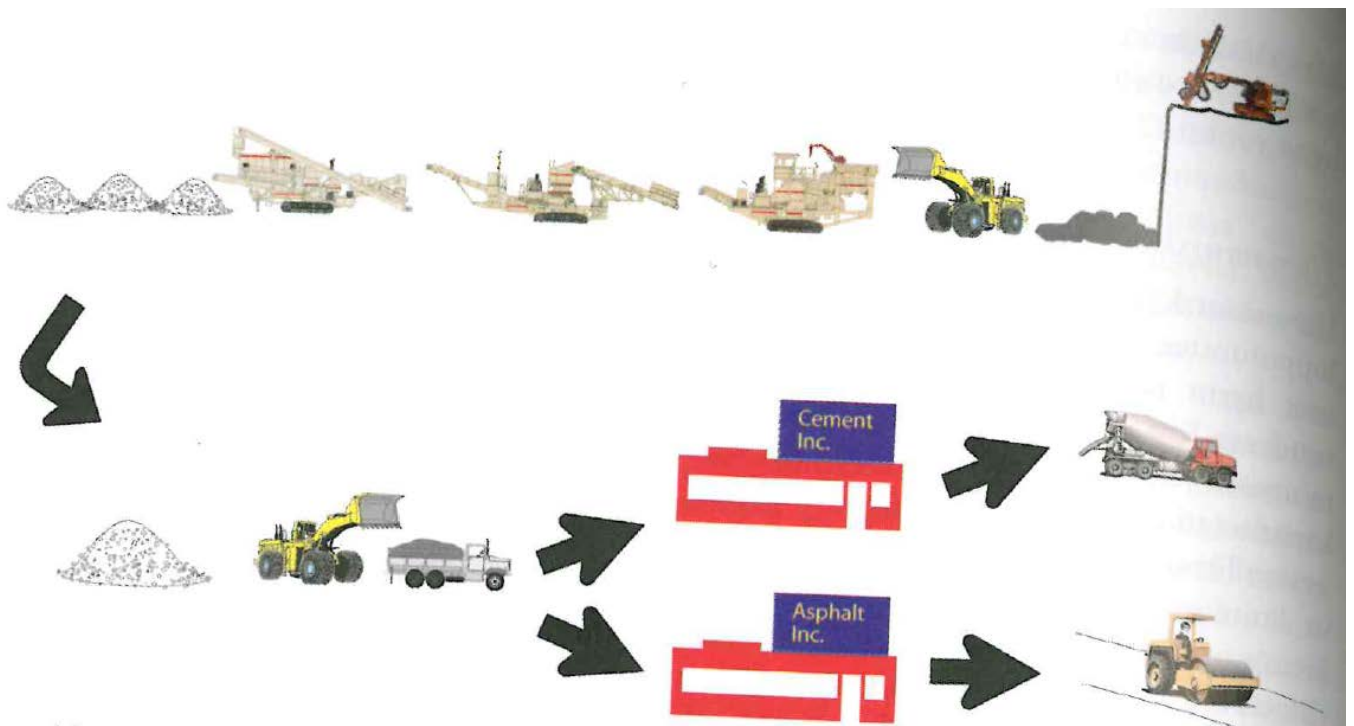
2.4 Yleisimmät murskauskokoonpanot

Käytettävän murskauslaitoksen kokoonpano riippuu hyvin pitkälti murskaustoiminnalta vaadittavasta kapasiteetista ja murskauksen kestosta. Pidempiaikaisella murskauksella tuotetaan yleensä useampia kiviainelajikkeita, mikä asettaa vaatimuksia murskauslaitoksen kapasiteetille. Kapasiteetilla tarkoitetaan murskauslaitoksen kykyä tuottaa lajikkeita. Jos tuotetaan useampaa lajiketta yhtä aikaa, niin tarvitaan enemmän seuloja ja hihnakuljettimia erottelemaan eri raekoot toisistaan. Lyhyet murskausjaksot voidaan suorittaa track-tyyppisellä murskauskokoonpanolla ja pitkät tai kokonaan pysyvät murskausjaksot, kuten esim. kaivostoiminta on tuotantotaloudellisista syistä tehokkaampi suorittaa ns. kiinteällä murskauslaitoksella. Murskaamot voidaan karkeasti jakaa kolmeen ryhmään, kiinteisiin, osittain mobiileihin ja täysin mobiileihin laitoksiin. (Hakanpää & Lappalainen 2009, 198.)

2.4.1 Track-tyyppinen laitos

Track-tyyppisen laitoksen periaatekuva esitetään kuvassa 8. Track-tyyppiset laitokset ovat mobiileja, kompakteja, tela- tai pyöraalustaisia murskauslaitoksia. Ne pystyvät toimimaan itsekseen tai yhdistettynä, muodostaen yksi- tai useampivaiheisia murskauskokoonpanoja. Track-tyyppisten laitosten selkein ero kiinteisiin verrattuna on niiden liikuteltavuus, liikkuvuus ja koko. Liikuteltavuutensa puolesta murskauslaitoksen voi siirtää lähemmäs louhittua rintausta, jolloin syöttäminen tapahtuu käytännössä paikaltaan ja murskaustoiminta on näin ollen jouhevampaa ja taloudellisempaa, kun kiviainesta ei tarvitse erikseen ajaa laitoksen läheisyyteen ja vasta sitten syöttää murskaan. (Metso.com)

Nykyään suositaan liikkuvampia ja joustavampia laitoksia työkohteissa, joissa toiminta-aika on lyhyempi tai jos kohteessa voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä kuljetuskustannuksissa. Sivuilla 20 ja 21, kuvassa 9 ja kuvassa 10 esitetään kaksivaiheinen, mobiili murskauslaitos, jossa on esimurskain ja jälkimurskain.



Kuva 8 Mobiilin murskaamon periaatekuva (Hakanpää & Lappalainen 2009, 200)



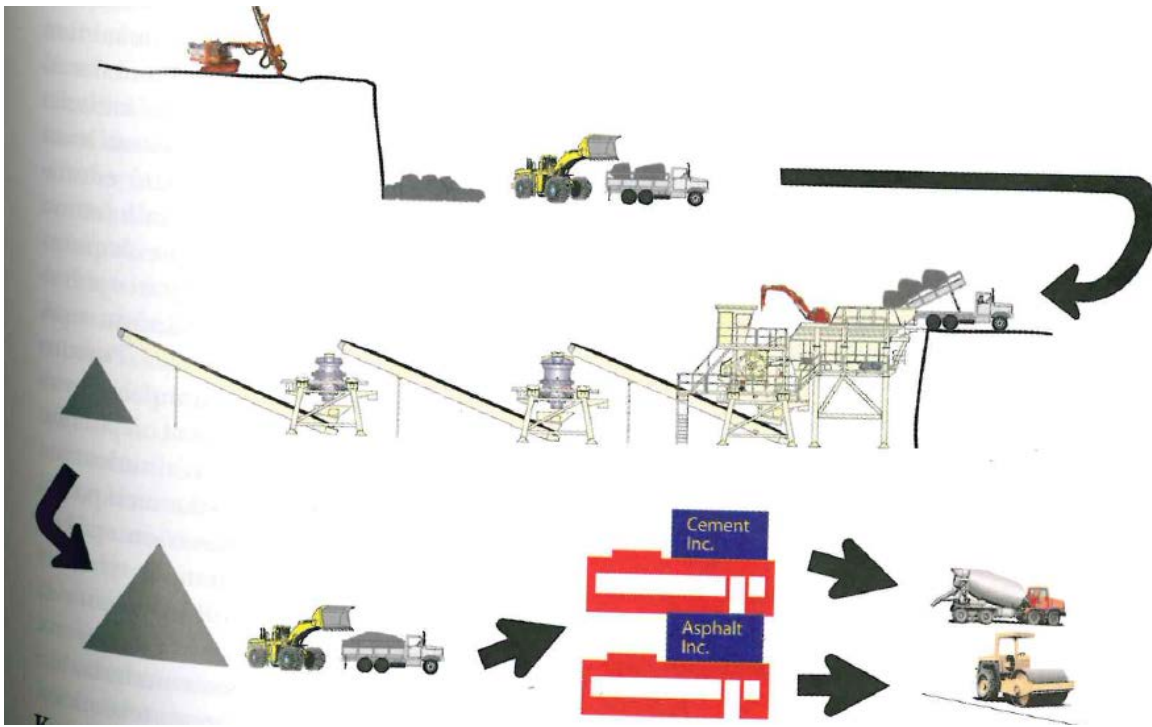
Kuva 9 Kaivinkone syöttää track-tyyppistä esimurskainta.



Kuva 10 Esimurskainyksikkö siirtää kiviainesta jälkimurskaimeen ja lopputuote syötetään kasaan vasemmalle.

2.4.2 Kiinteä murskauslaitos

Kiinteän murskauslaitoksen toimintaperiaatekuva on esitetty kuvassa 11. Kiinteät murskauslaitokset ovat yleisiä erityisesti kaivosteollisuudessa johtuen murskaustoiminnan pitkäkestoisuudesta. Kiinteät laitokset eroavat mobileista laitoksista siten, että ne pystytetään paikalleen. Yleisesti kiviaines kuljetetaan murskalle traktoridumppereilla tai kuorma-autoilla, jolloin henkilöstö-, polttoaine-, rengas-, ja huoltokustannukset aiheuttavat lisäkustannuksia prosessille. Kuljetusten kustannukset ja nykyaikana entisestään kiristyneet päästörajoitukset ovat lisänneet kiinnostusta osittain mobileihin ratkaisuihin. Tällaiset laitokset rakennetaan modulaarisista teräsrakenteista ja niitä voidaan siirtää esimerkiksi 1-3 vuoden välein sitä mukaa kun louhinta etenee. (Hakanpää & Lappalainen 2009, 198)



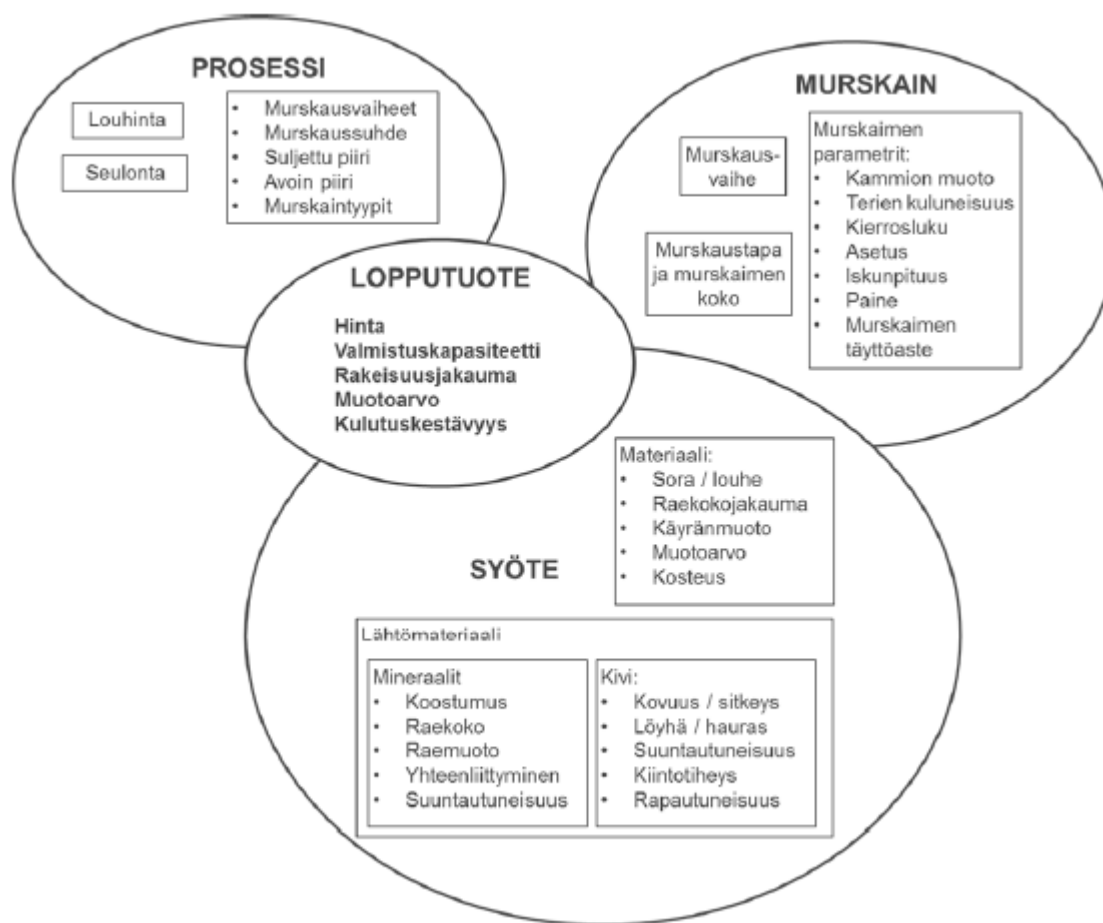
Kuva 11 Kiinteän murskaamon periaatekuva (Hakanpää & Lappalainen 2009, 199)

3 KIVITUHKAN MUODOSTUMINEN JA SEN KÄYTTÖKOHTEET

3.1 Kivituhka yleisesti

Kivituhka koostuu hienoimmista kiviainesten osista, käytännössä se on juuri sitä mitä jää tähteeksi kun kiven käyttökelpoisin osa on käytetty loppuun. Kivituhkaa syntyy murskausprosessin eri vaiheissa, mutta suurin ja merkittävin määrä kivituhkaa syntyy kun tuotetaan ns. katkaistuja lajikkeita, eli sepeleitä. Kivituhkaa muodostuu suuria määriä sepelinteossa erityisesti asfalttisepeliä, betonisepeleitä ja hiekoitussepeleitä tehdessä. (Rasimus 2014, 11.)

Kivituhkaksi sanotaan kiviainesta, jonka maksimiraekoko on yleensä 2-6 mm, joskus jopa 8 mm. Kivituhkan tuotantomäärät vaihtelevat suuresti riippuen murskaukseen vaikuttavista tekijöistä. Lopputuotteen ominaisuudet määräytyvät syötteen, murskaimen ja murskausprosessin parametrien perusteella, jotka on esitetty kuvassa 12. Kuva on otettu Rasimuksen työstä (Rasimus 2014, 11), ja kuvan on piirtänyt J. Ruuskanen vuonna 1999 diplomityötään varten.



Kuva 12 Murskaukseen vaikuttavat tekijät (RASIMUS 2014, 11)

3.2 Kivituhkan ja hienoaineen muodostuminen murskausprosessissa

Hienoaineeksi kutsutaan lajitetta, joka läpäisee 0,063 mm seulan. Hienoainesta muodostuu kiviainestuotantoprosessin kaikissa vaiheissa kuten räjäytyksessä, murskauksessa, käsittelyssä ja kuljetuksessa. Muodostuneen hienoaineen määrään oleellisesti vaikuttavat kiven synty tapa ja sen mineraalikoostumus. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että lujuudeltaan kovempaa kiveä murskattaessa muodostuu vähemmän hienoainesta. Tämä seikka johtuu siitä, että hienorakeisen kiven murskaus vaatii vähemmän energiaa kuin karkearakeisen. Hienoaineen tuottoon vaikuttavat mm. seuraavat seikat (Mitchell 2009; Mitchell C, Mitchell P ja Pascoe R. 2008)

- kiven ja mineraalien koostumus
- räjäytysenergia
- murskaintyytit ja murskausvaiheiden määrä
- murskauksessa käytetty murskaussuhde
- avoimen- tai suljetun piirin käyttöä prosessissa
- käsittely ja kuljetus.

Räjäytyksen yhteydessä muodostuvan hienoaineen määrä voi olla jopa 20 % syntyvän hienoaineen kokonaismäärästä. Hyvin suunnitellulla ja sovitetulla räjäytyksellä voidaan minimoida räjäytyksessä muodostuva hienoaineen määrä. Räjäytys on tarkkaa hommaa siksi, että jos lohkarieet

jäävät liian suuriksi niin rikotuskustannukset kasvavat, mutta hienoainesmäärä jää pieneksi, ja tietenkin toisinpäin. Yleensä räjäytys suunnitellaan murskausteknisten ja käsittelyn sanelemilla ehdoilla ennemmin kuin hienoainesmäärää tarkkailemalla. (Mitchell 2009.)

Suurin osa hienoaineksesta muodostuu murskauksen ja seulonnan aikana. Raekooltaan pienemmän kiviaineksen tekeminen tuottaa enemmän hienoainesta, koska joudutaan murskaamaan useammissa vaiheissa ja jokainen vaihe kuluttaa kiveä hienommaksi. Taulukosta 4 voidaan todeta, miten raekoon maksimikoolla on merkitystä hienoainestuottoon murskauksessa.

Taulukko 4. Tuotteen maksimiraekoon pienennyksen vaikutus hienoainesmäärään (Mitchell 2009, muokkaus lähteestä Mitchell 2009)

<i>Tuotteen max. raekoko</i>	<i>Hienoainesmäärä</i>
<i>40 mm</i>	<i>5–10%</i>
<i>20 mm</i>	<i>15–20%</i>
<i>10 mm</i>	<i>35–40 %</i>

Esimurskaus suoritetaan yleisesti leuka- tai karamurskaimilla ja väli- ja jälkimurskaus suoritetaan kartio- tai iskumurskaimilla. Monivaiheisissa murskauksissa (kolmi- tai nelivaiheiset) tarkoituksena on pitää murskaussuhde alhaisena (syötettävän tuotteen raekoko/lopputuotteen raekoko). Kun murskaussuhde on alhainen, tuotettavan hienoaineen määrä yhtä vaihetta kohden on yleensä myös alhainen, mutta kumulatiivinen hienoaineksen tuotto voi olla suurempi kuin käytettäessä vähemmän vaiheita ja suurempaa murskaussuhdetta sisältävää murskausta. Taulukossa 5 esitetään arvioita tuotetun hienoaineksen määrästä kun murskataan eri kivilajeja erityyppisillä murskaimilla. Tulokset ovat syntyneet kokeellisesti ja ovat vain arvioita. (Mitchell 2009.)

Taulukko 5. Hienoaineksen muodostuminen eri murskausvaiheissa. (Mitchell 2009, muokkaus lähteestä Mitchell 2009)

<i>Prosessin vaihe</i>	<i>Murskauksessa muodostuvan hienoaineksen määrä (paino %)</i>	
<i>Esimurskaus</i>	<i>Magmakivi</i>	<i>3-6 % (leukamurskain) – 10-15 % (karamurskain)</i>
	<i>Kalkkikivi</i>	<i>6-7 % (leukamurskain) – 20 % (iskumurskain)</i>
	<i>Gritstone *</i>	<i>1-2 % (leukamurskain) – 15-20 % (leuka- ja karamurskain)</i>
<i>Välimurskaus</i>	<i>Magmakivi</i>	<i>10-23 % (kartiomurskain)</i>
	<i>Kalkkikivi</i>	<i><10 % (kartiomurskain) – <20 % (iskumurskain)</i>
	<i>Gritstone</i>	<i>4-5 % (leuka- ja kartiomurskain)</i>
<i>Jälkimurskaus</i>	<i>Magmakivi</i>	<i>5-30 % (kartiomurskain) – 40 % (iskumurskain)</i>
	<i>Kalkkikivi</i>	<i><20 % (iskumurskain) – 40 % (vasaramylly)</i>
	<i>Gritstone</i>	<i>~15 % (kartiomurskain) – 40 % (iskumurskain)</i>

* = Gritstone on Brittein saarilla esiintyvä sedimenttikivilaji, hieman karkeampaa kuin hiekkakivi jota ei tiettävästi esiinny Suomessa.

Yleisesti ottaen murskaimen toimintaperiaate vaikuttaa suoraan tuotetun hienoaineksen määrään. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että iskumurskauksessa syntyy enemmän hienoainesta kuin puristumurskauksessa. Iskumurskaimet kuten HSI- ja VSI-murskaimet tuottavat hienoainesta n. 20–30 % enemmän kuin leuka- tai kartiomurskaimet. Myös iskumurskaimien erilainen iskutyyppejä vaikuttaa hienoainesmäärään. Kivi vasten kiveä iskeytyminen tuottaa enemmän hienoainesta, mutta murskain kuluu vähemmän. Kivi vasten murskaimen kulutus pintaa tuottaa vähemmän hienoainesta, mutta murskain kuluu enemmän. (Mitchell 2009.)

Kiviainesteollisuuden pitäisi pyrkiä optimoimaan murskausprosessit välttääkseen ylimääräisen hienoaineksen ja kivituhkan syntymistä. Optimoinnilla murskainten murskaussuhde on oikea ja murskaimiin syötetään tarvittavasti kiveä, jotta kuluminenkin olisi optimoitua. Prosesseissa, joissa raemuoto on tärkeä, tulisi harkita VSI-murskainten korvaamista kartiomurskaimilla, koska tämä toimenpide voi vähentää hienoainesmäärän syntymistä jopa 50 %:lla. (Mitchell 2009.)

3.3 Kivituhkan käyttö materiaalina

Kivituhkan käyttöön vaikuttaa oleellisesti sen tuotantopaikan ja käyttökohteen etäisyys toisistaan. Eniten rakentamista, eli käyttökohteita on asutuskeskuksien läheisyydessä, kun taas kivituhkan tuotantopaikat sijaitsevat usein etäällä asutuskeskuksista. Kuljetuskustannukset kasvavat merkittävästi kuljetusetäisyyden kasvaessa, minkä seurauksena kiviaineksia ei kannata kovin kaukaa lähteä tuomaan. Isoimmat asutuskeskukset ovat poikkeus, koska lähellä olevat kiviaineksen tuotantopaikat voivat olla loppuun käytettyjä.

Kivituhkaa käytetään maarakentamisessa lähinnä täyttömateriaalina esimerkiksi kaapelikaivannoissa, luiskatäytöissä, liikuntapaikkarakentamisessa tai ylipäänsä missä materiaalin routivuudella ei ole merkitystä. Kaapelitäyttöön kivituhka voisi soveltua erityisen hyvin, koska se ei sisällä raekooltaan isoja kiviä, jotka voisivat aiheuttaa johdon katkeamiseen johtavia painumia kaapeliin tai sen suoja-putkeen. Kivituhkaa on myös käytetty ratsastus kenttien pohjien materiaalina, (Jurva 2011, 7) ja kompostin jälkikypsytyksessä, jossa kivituhkan lisäyksellä huomattiin olevan positiivisia vaikutuksia lietekompostin rakenteeseen. (Wassholm 2008, 37). Kivituhkasta saadaan myös seulomalla hiekkoitussepeä (KaM 3/6 tai KaM 3/8 mm).

Rakennusten pohjien tekoon kivituhka ei sovellu korkean hienoainespitoisuutensa ja routivuutensa puolesta. Myöskään asfaltinvalmistuksessa kivituhkaa ei käytetä, koska liika kivituhkan lisäys heikentää asfaltin kulutuskestävyyttä. (Rasimus 2014, 18.) Kivituhkaa (KaM 0/6 mm) voidaan hyödyntää öljysoran valmistuksessa, mutta öljysoraa käytetään lähinnä pienemmissä paikkauksissa ja ”reunakiviasfalttina” joten senkin käyttömäärä on alhainen. Betonteollisuus suosii yleisesti enemmän sora-materiaalia tuotannossaan. (Rasimus 2014, 18.)

Omakoti- tai mökkirakentaja voisi keksiä paljonkin käyttökohteita autokuormalliselle kivituhkaa, varsinkin jos sitä saisi ilmaiseksi tai muuten hyvin edullisesti. Kivituhkaa voisi käyttää esim. talon pihojen täytöissä, poluissa ja laattojen asennushiekkana. Pelkkä kivituhka on pihapolkujen päällysmateriaalinakin hieman ongelmallinen, koska se pölisee kuivana voimakkaasti ja kulkeutuu kenkien pohjassa sisätiloihin. Idearikas mökkeilijä voisi myös sekoitella vaikkapa sahanpurua tai haketta kivituhkaan ja tehdä näin vähemmän pöliseviä, mutta kantavia pihapolkuja. Yleisesti voi sanoa, että kivituhkan käyttökohteet ovat aina toissijaisia.

Samantapaisia käyttökohteita on Clive Mitchellin julkaiseman raportin mukaan myös Brittein saarilla. Alle on raportista poimittu kivituhkan käyttökohteita rakennuskäytössä ja yleisesti. (Mitchell 2007.)

Kivituhka rakennuskäytössä

- maanparannuksessa täyttömaana, pohjavuorauksessa
- sitomattomana materiaalina kaivutyömailla, ojien pientareissa, maanalaisissa töissä ja teiden pohjissa
- sitomattoman materiaalina muissa kohteissa kuten eristeenä, kuivatusjärjestelmien suodattimena, vesirakentamisessa lampien ja puutarhojen maisemoinnissa, polkujen yms. päällystyksessä, hiekkasäkkien täytteenä
- asfaltin, bitumin ja muiden päällystysmateriaalien seosmateriaalina
- sementinvalmistuksessa
- synteettisen ja kevyen kiviaineksen valmistuksessa
- tiilien ja keinotekoisten koristekivien valmistuksessa.

Kivituhka muussa käytössä

- maaperän uudelleenmineralisoinnissa
- keinomaaperänä
- biosuodatuksen viljelyssä
- mineraalifillerinä (kalkkikivi)
- öljyjätteen käsittelyssä.

Tutkimuksen perusteella voi todeta, että kivituhkan käyttö Englannissa muistuttaa suuresti kivituhkan käyttöä Suomessa. Raportin mukaan edellämainitut käyttökohteet odottavat vielä markkinoita, koska kivituhkaa ja hienoainesta on käsitelty aikaisemmin pelkästään jätteenä. (Mitchell 2007.)

Yhdysvaltalaisen ICAR:n (International Center for Aggregates) raportin mukaan mahdollisia käyttökohteita voisi löytyä: (ICAR 1997, 15 – 18.)

Asfalttibetonin valmistuksessa

- mineraalifillerinä
- "slurry seal" – Asfalttipäällysteen korjausmassa, jolla ennaltaehkäistään päällysteen kulumista
- asfalttifillerinä

- kattopaanugranuuleina.

Betonituotteina

- sementin lisäaineena
- CLSM (Controlled Low Strenght Material) - sementin, veden, kiviaineksen ja lentotuhkan sekoitus
- AAC/ACC-betonina (LECA/Siporex-harkot yms.)
- synteettisenä kiviaineksena (esim. LECA/kevytsora)
- erilaisten laastien lisäaineena
- pihalaatoissa, tiilissä yms.
- elementtiseinissä ja –putkissa
- lasikuituvahvisteisessa betonissa.

Vaihtoehtoisena tuotteena

- piha- ja viherrakentämisessä
- pohjien täyttömateriaalina
- maaperän stabiloinnissa
- pengermateriaalina
- maaseinissä
- liukkaudentorjunnassa.

Maataloustuotteena

- karjarehun lisäaineena
- eläinsuojien päällyste/imeytysmateriaalina
- ratsastuskenttien päällysteenä
- kompostijätteen seassa
- kuivatusjärjestelmien suotimena
- maanparannusaineena (ns. "aglime" eli kalsiumkarbonaattina)
- lannoitteiden ja hyönteismyrkkien lisäaineena.

Kemiallisena tuotteena

- sementin valmistuksessa
- metallisulattamoissa
- mineraali- ja vuorivillan valmistuksessa
- vaahtolasin valmistuksessa.

Arvometalleina

- mica-nimisen eristeen silikaattimineraalina
- silikageelinä
- kiviaineksesta voidaan erotella "feldspaareja", eli tektosilikaatteja, ilmeniittiä, rautamalmeja, zirkonia, kultaa yms.

- fillereinä, pigmentteinä ja mineraalisina lisäaineina
- mattojen pohjan materiaalin lisäaineena
- elastomeereinä ja jatkoaineina
- maalien ja paperin valmistuksessa lisäaineena
- muoveissa.

Ympäristöön liittyvissä tuotteissa

- neutraloijana happamissa olosuhteissa
- savukaasujen rikinpoistoaineena
- maankaatopaikkojen peittomateriaalina
- vaarallisen jätteen kovettamisaineena
- geomembraanien asennusmateriaalina
- yhteiskuntajätteen stabilisaattorina
- lietteen kuivatusmateriaalina.

Keramiikkatuotannossa

- lasikeramiikan tuotannossa
- savenvalannassa
- lasituksessa ja lasimaisissa tuotteissa
- kivenveistossa
- posliinin tuotannossa.

4 SELVITYS KIVITUHKAMÄÄRISTÄ JA NYKYISISTÄ KÄYTTÖKOhteista DESTIA OY:SSÄ

Opinnäytetyössä oli tavoitteena selvittää alueille varastoitu kivituhkamäärä ja käyttökohteet Destia Oy:n kiviainesyksikön myynti- ja työmaapäälliköitä haastatteleamalla. Haastattelun tarkoituksena oli myös kysellä henkilöstön ideoita ja mielipiteitä asiaan. Ennen varsinaista haastattelua jokaiselle yksikölle lähetettiin esitietolomake täytettäväksi, johon kerättiin tietoa jokaisen alueen kivituhkamääristä. Esitietolomake löytyy liitteestä 1. Lomakkeen täytön jälkeen sovittiin puhelinhaastattelu, jonka kysymysrunko löytyy liitteestä 2.

4.1 Varastoidun kivituhkan määrä Destia Oy:n maa-ainesalueilla

Taulukkoon 6 on kirjattu Destia Oy:n maa-ainesalueille varastoitujen kalliomurskeen kivituhkalajikkeiden kokonaismäärä vuonna 2015.

Taulukko 6 Varastoidun kivituhkan määrä Destia Oy:ssä v. 2015

<i>Sijainti</i>	<i>Alueen nimi</i>	<i>Tuotetut lajitteet</i>	<i>Varastoidun kivituhkan määrä (t)</i>
Länsi-Suomi			
Häme	Pitkäkallio	KaM 0/3..6	20000
Häme	Lakeisuo	KaM 0/3	3000
Häme	Tainionvuori	KaM 0/3	1000
Tu-Po	Kärmeskallio	KaM 0/8	7000
Tu-Po	Murhimäki	KaM 0/8	2500
Häme	Syrjänsalo	KaM 0/6..8	11000
YHT:			44500
Pohjois-Suomi			
OUL	Kalliosuo	KaM 0/6	5764
VAA	Moottorirata	KaM 0/2	1474
OUL	Vasikkasuo	KaM 0/2	7756
OUL	Hummastinvaara	KaM 0/2	1582
OUL	Hummastinvaara	KaM 0/6 AB	4294
VAA	Kauhajärvenkallio	KaM 0/2 AB	4528
VAA	Kauhajärvenkallio	KaM 0/6 AB	12492
OUL	Hoikkakallio	KaM 0/6 AB	3068
OUL	Pekastinvaara	KaM 0/3 AB	8674
OUL	Koriamäki	KaM 0/8 AB	4233
VAA	Lepoonkallio	KaM 0/2 AB	1667
OUL	Isokorpi	KaM 0/8	587
YHT:			56117
Etelä-Suomi			
Raasepori	Slätmossaberget	KaM 0/3	11000
Lohja	Risten	KaM 0/3	15000
Karkkila	Karhusuo	KaM 0/3	2500
Loviisa	Koskenkylä	KaM 0/4	11000
YHT:			39500

Itä-Suomi			
<i>Iisalmi</i>	<i>Kaatopaikka</i>	<i>KaM 0/4 AB</i>	<i>1168</i>
<i>Polvijärvi</i>	<i>Pieni Lehmivaara</i>	<i>KaM 0/6</i>	<i>174</i>
<i>Kontiolahti</i>	<i>Uuro pääll.asema</i>	<i>KaM 0/6</i>	<i>94</i>
<i>Kontiolahti</i>	<i>Uuro pääll.asema</i>	<i>KaM 0/6 AB</i>	<i>38</i>
<i>Siilinjärvi</i>	<i>Vuorimäki</i>	<i>KaM 0/3 AB</i>	<i>2334</i>
<i>Siilinjärvi</i>	<i>Vuorimäki</i>	<i>KaM 0/5 AB</i>	<i>128</i>
<i>Siilinjärvi</i>	<i>Vuorimäki</i>	<i>KaM 0/8</i>	<i>473</i>
YHT:			4409
Keski-Suomi			
<i>Jyväskylä</i>	<i>Kukkulanmäki</i>	<i>KaM 0/4</i>	<i>10 000</i>
<i>Jyväskylä</i>	<i>Kelkkämäki</i>	<i>KaM 0/4..8</i>	<i>40 000</i>
YHT:			50000

4.2 Haastattelututkimus kivituhkan käyttökohteista ja hyödyntämismahdollisuuksista

Destia Oy:n kiviainesyksiköt sijaitsevat Oulussa (Pohjois-Suomi), Kuopiossa (Itä-Suomi), Mikkelissä (Keski-Suomi), Tampereella (Länsi-Suomi) ja Kouvolassa (Etelä-Suomi). Kysely kohdistettiin alueiden myyntipäälliköille, Länsi-Suomen yksiköstä haastateltiin myös yhtä työmaapäällikköä.

4.2.1 Pohjois-Suomen kiviainesyksikkö

Kivituhkaa on varastoitu yhteensä kymmenelle kallionottoalueelle, varastoidun kivituhkan kokonaismäärä on n. 56 000 tonnia. Varastoitavaa kivituhkaa syntyy alueella nykyisin vähemmän kuin ennen, koska sepelin tuotantoa on optimoitu. Kivituhkaa voitaisiin hävittää esimerkiksi syöttämällä sitä pieniä määriä 0/150 mm:n, 0/100 mm:n ja 0/55 mm:n kalliomurskeen sekaan, jos lajiketta tehtäessä hienoainesta ja pienempää raetta syntyy liian vähän. Kivituhkan syntymistä on rajoitettu myös optimoimalla sepelin tuotantoa, aiemmin tehtiin enemmän KaM 6/16 tai 6/32 salaojasepeliä, nykyään pyritään tekemään helpommin kaupaksi meneviä tuotteita kuten KaM 0/16 ja 16/32. Karkeampi salaojasepeli toimii samalla tavalla kuin hienempi, mutta nyt KaM 0/6 ei jää montulle varastoitavaksi. Kivituhkaa syntyy eniten valmistettaessa salaojasepeliä ja asfalttikiviaineeksi ja kolmivaiheisesti murskattaessa. (Salovaara 2015-2-13.)

Kivituhkan menekki on hyvin satunnaista, mutta sitä menee esim. maneesien pohjiksi, urheilukenttiin ja laattojen asennushiekaksi. Kivituhkaa ei erityisemmin mainosteta, kuin sellaisessa yhteydessä jossa on mahdollinen käyttöpotentiaali. Toivomuksena olisi konkreettinen lista kivituhkan käyttömahdollisuuksista tai -kohteista, jonka perusteella tuotetta saataisiin tehokkaammin markkinoitua. (Salovaara 2015-2-13.)

Kivituhkan erilaisia käyttökohteita on mietitty, mutta laihoin tuloksin, betoniteollisuuteen tarjottu, mutta tuote ei ole kiinnostava niin kauan kuin soraa saatavilla. (Salovaara 2015-2-13.)

4.2.2 Länsi-Suomen kiviainesyksikkö

Kivituhkaa on varastoitu yhteensä kuudelle alueelle, varastoidun kivituhkan kokonaismäärä on n. 45 000 tonnia. Eniten kivituhkaa syntyy sepeli- ja asfalttikiviä murskattaessa, mutta kivituhka ei ole muodostunut ongelmaksi alueilla. Varastoidun kivituhkan ikä vaihtelee suurestikin, osa on ollut varastoituna jo vuosia. (Ajanko ja Kannisto 2015-2-24.)

Kivituhkaa on pyritty hävittämään lisäämällä sitä ohjearvojen rajoissa esim. 0/16 AB, 0/16 PAB, 0/32, 0/50 ja 0/90 sekaan pieniä määriä. Murskausteknisesti kivituhkan syntyyn voidaan vaikuttaa melko vähän, ettei valmistettavan tuotteen laatu kärsisi. Syksyllä 2014 Tainionvuorella tehtiin yhteensä 10 000 t kunnossapitomursketta 0/16 SRT, johon sekoitettiin 0/3 mm kivituhkaa n. 2 500 t. Murskeen lähtö, eli 0,063 mm seulan läpäisyn piti olla 8-10 % luokkaa. Lajike on levitetty tiekohteeseen, ja sen rakeisuus tutkitaan ELY-keskuksen toimesta uudelleen keväällä 2015. (Ajanko ja Kannisto 2015-2-24.)

Kivituhkan menekki on satunnaista. Lähialueen kaupungit ja kunnat eivät hyväksy kivituhkaa kaapelili- tai viemärikaivannon täyttömateriaaliksi, ilmeisesti sen mahdollisen routimisen vuoksi. Kivituhkan markkinointi olisi kannattavaa, jos olisi tarjota punaista kivituhkaa. (Ajanko ja Kannisto 2015-2-24.)

4.2.3 Etelä-Suomen kiviainesyksikkö

Kivituhkaa on varastoitu yhteensä kahdeksalle alueelle, joihin on varastoitu yhteensä (lajitteet välillä 0/4 ja 0/8 mm) n. 40 000 tonnia. Kivituhkan suuri varastoitu määrä selittyy päällyste- ja betonikivi-tuotannolla. Uudellamaalla päällystystyöt tehdään suurista liikennemääristä johtuen SMA-asfaltilla, johon tarvitaan enemmän karkeampaa sepeliä ja vähän hienoainesta. Betonikiviaineksia tehtäessä syntyy 0/8 mm "kivituhkaa" sorasta. (Ylösmäki 2015-2-23.)

Viime vuonna Koskenkylässä, Porvoon Pernajassa syntyi n. 60 000 t 0/8 mm kivituhkaa päällystekivituotannon yhteydessä. Alueella tehdään paljon päällystekiviä ja alueelta alkaa loppua varastotila. Karkkilan Paavolassa on varastoitu 0/8 mm soramateriaalia n. 75 000 t. (Ylösmäki 2015-2-23.)

Murskausteknisiä toimenpiteitä ei ole tarvinnut tehdä kivituhkamäärän pienentämiseksi. Tekniikka on hyvä, ja sitä suuresti muokkaamalla varsinaisen tuotteen laatu kärsii. Murskaustekniikalla pystytään vaikuttamaan syntyvään kivituhkamäärään vain vähän, koska tehtävä lajike määrää suuresti kivituhkamäärän syntyä. Lisäksi hienoainesmäärä ja tuotteen laatu korreloivat keskenään, mitä enemmän on hienoainesta, sitä helpommin routivaa lajike on. Merkittävin asia kovaa kiveä jalostettaessa kubi-saattorilla on lisääntyvä hienoainesmäärä. Kubisaattori on murskain, jolla pyritään muokkaamaan raekokoa kuutiomaisempaan muotoon. Muotoarvon parantamisella pyritään parantamaan kiviaineksen laatua. (Ylösmäki 2015-2-23.)

Kivituhkan menekki on hyvin satunnaista johtuen maa-ainespaiikkojen sijainnista. Sitä tarjotaan kun mahdollista, kysyntä vähäistä. Betoniasemille on tarjottu 0/8 mm seisovaa soratavaraa, mutta kiin-

nostus ollut marginaalista. Kivituhkan hyödyntämistä on mietitty siten, että kivituhkaa voisi suhteuttaa jakavan, kantavan ja kunnossapidon lajikkeisiin pieniä määriä, kunhan varmistetaan laatu. Kivituhkan käyttöä seosmateriaalina teollisuusprosesseissa tai vastaavissa tuotteissa on mietitty, mutta laajamittaista tutkimusta uudelle käyttötarkoitukselle ei ole tehty. Kivituhkan soveltuvuutta suodatinhiekekaksi on myös mietitty, varastokasat voisi tutkia ja tarvittaessa jatkojalostaa siihen soveltuvaksi. Kivituhka voi soveltua suodatinhiekekaksi, kunhan sen routimattomuus varmistetaan. (Ylösmäki 2015-2-23.)

4.2.4 Keski-Suomen kiviainesyksikkö

Kivituhkaa on varastoitu kahdelle alueelle ja varastoidun kivituhkan kokonaismäärä on n. 50 000 tonnia. Kivituhkaa syntyy n. 20 000 t/a, josta osa saadaan myytyä päätuotteina ja osa jää varastoon ylijäämätuotteena. Viidellä eri maa-aineksen ottoalueella kivituhka alkaa muodostua pienimuotoiseksi ongelmaksi, koska tavaraa on kerääntynyt alueille n. 10 vuotta. Valtaosa kivituhkasta syntyy asfalttikiviaineksia tehtäessä ja varsinkin jos halutaan muokata rakeen muotoa ja lujuustuloksia käyttämällä kubisaattoria, niin silloin hienoainesta syntyy eniten. Joutsan Kukkulamäessä alkaa tila loppua varastoidun kivituhkan takia. Tämä vaikuttaa siirtokustannuksiin, koska murskatut tavarat joudutaan siirtämään kauemmaksi varastoitavaksi. (Koponen 2015-3-4.)

CE-merkintävaatimusten mukainen toiminta ei jätä juuri tilaa suhteutukselle, eli kivituhkan lisäämiselle joihinkin murskeisiin. Jos kunnossapidon kiviaineslajikkeisiin lisätään kivituhkaa liikaa, niin rakeisuudesta tulee hiekkaista, 2 mm seulan läpäisy- % nousee ja murske sitoutuu huonommin. Samoin kantavat ja jakavat kiviaineslajikkeet voivat muuttua routiviksi. (Koponen 2015-3-4.)

Kivituhkan kustannukset pitäisi saada minimiin tai katettava muiden tuotteiden tuotolla. Jos kivituhka on nollahintainen, niin sitä voisi käyttää vaikka monttujen maisemointiin joka täytyy tehdä kuitenkin. Kivituhkaa voisi suhteuttaa vähäisiä määriä muihin lajikkeisiin ja sekoittaa multa. Kivituhkan sisältämä routiva hienoaines estää kivituhkan hyödyntämisen suodatinhiekkana ja täyttömateriaalina putkikaivannoissa. Tuhkan sopivuutta arinahiekaksi on myös mietitty, asia pitäisi selvittää. (Koponen 2015-3-4.)

4.2.5 Itä-Suomen kiviainesyksikkö

Savo-Karjalan alueelle on varastoitu n. 12 000 t kivituhkaa yhteensä yhdeksälle maa-aineksen ottoalueelle. Kivituhka ei nykyisellään ole ongelma, sitä on saatu myytyä mm. SMA-massoihin hienoaineksi ja jätevedenpuhdistamolle suodatinmateriaaliksi. Vedenpuhdistamo sijaitsee Polvijärvellä ja sen läheisyydessä on Pieni-Lehmivaara niminen kallionottoalue. Kahden viimeisen vuoden aikana jätevedenpuhdistamo on käyttänyt n. 14 000 t kivituhkaa prosessiinsa. Kivituhkan muu käyttö ja menekki on vähäisempää. Kuopion kaupungin puistokäytäviä varten on tehty kiviainesseos johon tulee 0-8 mm soramursketta ja 35 % kivituhkaa. Kivituhkaa myös suhteutetaan toisiin lajikkeisiin mahdollisuuksien mukaan. (Vainikainen 2015-9-28.)

Kivituhkaa syntyy eniten asfalttikiviaineksia tehtäessä ja hiekoitussepeä seuloittaessa. Kivituhkan määrän pienentämiseksi ei ole yritetty tehdä murskausteknisiä muutoksia, koska hyöty olisi hyvin pientä ja todennäköisesti kiviaineksen laatu huonontuisi. Kivituhkan määrä riippuu ensisijaisesti tehtävästä lajikkeesta ja kivilajista. Kivituhkan menekki yksityishenkilöille on hyvin vähäistä ja kausiluontoista. Samasta syystä kivituhkan markkinointiin ei ole käytetty juurikaan resursseja, varsinkaan kun kivituhkamäärä ei ole ongelma. (Vainikainen 2015-9-28.)

4.3 Haastattelututkimuksen tulosten yhteenveto

Minkä verran alueellenne on varastoitu kivituhkaa?

Pohjois-Suomi: *n. 56 000 t*

Keski-Suomi: *n. 50 000 t*

Itä-Suomi: *n. 4400 t*

Länsi-Suomi: *n. 45 000 t*

Etelä-Suomi: *n. 40 000 t*

Onko kivituhka ongelma joillain tietyillä alueilla?

Pohjois-Suomi: *Kyllä. Asfalttikiviainesten ja salaajamateriaalin alitteet vanhoilla alueilla.*

Keski-Suomi: *Viidelle maa-aineksen ottoalueelle on kertynyt kivituhkaa kymmenen vuoden ajan ja ne vievät paljon tilaa tuotantoalueesta. Kasoja täytyy siirrellä murskaustoiminnan ja asfalttiaseman tieltä.*

Itä-Suomi: *Ei enää nykyisellään, varastoidun kivituhkan määrä on pieni.*

Länsi-Suomi: *Koskenkylän ja Paavolan alueille varastoitu paljon kivituhkaa, varastointitila alkaa loppua. Tulevaisuudessa kivituhkamäärä todennäköisesti kasvaa.*

Etelä-Suomi: *Ei tällä hetkellä.*

Minkä tyyppisissä (mitä lajitetta tehtäessä) murskauksissa kivituhkaa syntyy eniten?

Pohjois-Suomi: *Asfalttikiviä ja sepeä tehtäessä.*

Keski-Suomi: *Asfaltti- ja salaajakiviä tehtäessä.*

Itä-Suomi: *Asfalttikiviä ja hiekoitussepeä tehtäessä.*

Länsi-Suomi: *Asfaltti- ja betonikiviä tehtäessä.*

Etelä-Suomi: *Asfalttikiviä ja sepeä tehtäessä.*

Minkälaisella kalustolla murskattaessa kivituhkaa syntyy eniten? (Käytetyt murskaimet, vaiheiden määrä, murskaussuhde, avoin/suljettu piiri)

Pohjois-Suomi: *Tehtävä lajike määrittää syntyvän kivituhkamäärän.*

Keski-Suomi: *Jos murskausprosessissa kiviaineksen muodon parantamisen takia joudutaan käyttämään keskipakomurskainta (kubisaattori), niin hienoainesta syntyy tavallista enemmän.*

Itä-Suomi: *Tehtävä lajike määrittää syntyvän kivituhkamäärän.*

Länsi-Suomi: *Kubisaattoria käytettäessä hienoainesta syntyy tavallista enemmän.*

Etelä-Suomi: *Tehtävä lajike määrittää syntyvän kivituhkamäärän.*

Onko kivituhkan syntymisen ehkäisemiseksi mietitty/yritetty tehdä murskausteknisiä toimenpiteitä?

Pohjois-Suomi: *Ei varsinaisesti.*

Keski-Suomi: *Ei varsinaisesti.*

Itä-Suomi: *On koitettu parantaa, mutta hyöty hyvin pientä ja tehtävän lajikkeen ominaisuudet voivat huonontua.*

Länsi-Suomi: *Ei varsinaisesti.*

Etelä-Suomi: *Toimenpiteitä tehdään, mutta tehtävän lajikkeen laatu ei saa kärsiä.*

Onko kivituhkan jatkojalostamista esim. seosmateriaaliksi mietitty?

Pohjois-Suomi: *Kivituhkaa on tarjottu betoniteollisuuteen, mutta betoniteollisuus suosii enemmän soraa jos sitä on saatavilla.*

Keski-Suomi: *Mullan sekaan sotkettuna kivituhkan hienoaines tuo mineraaleja multa ja toimii hyvänä kasvualustana. Kivituhkan soveltuvuutta arinahiekaksi on mietitty, mutta asiaa pitäisi tutkia.*

Itä-Suomi: *Pieni-Lehmivaaran KaM 0/3 kivituhka menee suurilta osin hyötykäyttöön läheiselle jätevedenpuhdistamolle suodatinhiekaksi. Puhdistamo on käyttänyt n. 14 000 t kivituhkaa vuosina 2013-2015.*

Länsi-Suomi: *Vanhoista varastokasoista pitäisi tutkia ainakin rakeisuudet, ennen kuin voisi miettiä hyötykäyttöä.*

Etelä-Suomi: *Ei muuten kuin suhteutukseen käytettävänä.*

Onko kivituhkalle menekkiä?

Pohjois-Suomi: *Hieman. Kivituhkaa kysytään satunnaisesti esim. maneesien pohjarakenteeksi, urheilukentille ja laattojen asennushiekaksi.*

Keski-Suomi: *Menekki on vähäistä. Suodatinhiekaksi ja putkikaivantojen täyttömateriaaliksi on tarjottu, mutta korkean hienoainespitoisuuden takia ei kelpaa.*

Itä-Suomi: *Menekki on kausittaista ja tapaukset ovat yksittäisiä. Kuopion kaupungin puistokäytäviä varten on kokeiltu sekoittaa SrM 0/8 ja kivituhkaa.*

Länsi-Suomi: *Menekki on satunnaista. Kivituhkaa on tarjottu betoniteollisuuteen, mutta kysyntä on vähäistä.*

Etelä-Suomi: *Menekki on satunnaista. Vuonna 2014 ELY-keskuksen aloitteesta tehtiin KaM 0/16 SRT-mursketta, johon oli lisätty 25 % KaM 0/3 kivituhkaa. Kokeilun tavoitteena oli testata enemmän hienoainesta sisältävää mursketta tienrakennuksessa.*

Jos menekki vähäistä, onko mietitty mahdollisia kohteita/omia ideoita joihin kivituhkaa voisi tarjota ja käyttää?

Pohjois-Suomi: *Kivituhkaa suhteutetaan 0/55, 0/100 ja 0/150- lajikkeisiin. Muita kohteita on mietitty vähän, mutta laihoihin tuloksin.*

Keski-Suomi: *Suhteutukseen käytetään tarvittaessa. Jos kivituhkassa ei ole kustannuksia kiinni, niin se soveltuu hyvin maa-ainesalueiden loppumaisemointiin. Kivituhkaa voisi kokeilla syöttää asfaltiaseman läpi, toimenpide poistaa hienoainesta.*

Itä-Suomi: *Kivituhkaa käytetään suhteutukseen ja sitä voisi jalostaa putkikaivantojen täyttömateriaaliksi.*

Länsi-Suomi: *Kivituhkaa käytetään suhteutukseen tarvittaessa ja sitä voisi seuloa myös suodatinhiekaksi.*

Etelä-Suomi: *Kivituhkaa on kokeiltu tarjota putki- ja kaapelikaivantoihin täyttömateriaaliksi, mutta routivuuden takia sitä ei voi sellaisenaan käyttää, hienoainesta pitäisi poistaa kivituhkasta. Punaisen sävyiselle kivituhkalle olisi kysyntää, jos sitä löytyisi.*

Markkinoidaanko kivituhkaa/kiviaineksia yleisesti mitenkään?

Pohjois-Suomi: *Markkinoidaan sellaisissa yhteyksissä, missä on mahdollinen käyttöpotentiaali.*

Keski-Suomi: *Markkinoidaan tarpeen mukaan.*

Itä-Suomi: *Tällä hetkellä ei markkinoida, koska kivituhka ei ole ongelma.*

Länsi-Suomi: *Markkinoidaan tarpeen mukaan.*

Etelä-Suomi: *Markkinoidaan tarpeen mukaan.*

Kommentteja/vapaa sana?

Pohjois-Suomi: *Rudus Oy kehittää murskausprosessia, jossa kivituhkaa voitaisiin hyödyntää betoniteollisuudessa.*

Keski-Suomi: -

Itä-Suomi: -

Länsi-Suomi: *Niillä alueilla, missä kivituhka on ongelma, sitä voisi markkinoida tehokkaammin rakentajille ja yksityishenkilöille.*

Etelä-Suomi: -

4.4 Tulosten analysointi

Valtakunnallisesti Destia Oy:n omistamille tuotantoalueille on varastoitu yht. n. 195 000 t kivituhkaa. Kivituhkan syntyminen kuuluu oleellisesti kiviainestuoantoon, eikä sen syntymistä pystytä todennäköisesti ikinä täysin estämään. Toisaalta taas kivituhkan hyötykäyttöön ja sen syntymisen ehkäisemiseen pystytään vaikuttamaan jonkin verran ja tulevaisuudessa pitäisi pystyä löytämään enemmän hyötykäyttömahdollisuuksia.

Varastoitu kivituhka tuottaa ongelmia muutamilla montuilla mm. Joutsassa, Kukkulamäessä, Porvoossa, Pernajassa ja Karkkilan Paavolassa. Varastoidun kasat vievät paljon tilaa ja siten haittaavat jalostusta siten, että tuotannon aikana tehtävät lajitteet joudutaan varastoimaan kauemmaksi joka lisää kuljetuskustannuksia tuotantoon. Ainakin Pernajassa on mahdollisuus, että kivituhkaa syntyy lähitulevaisuudessa lisää. Muilla montuilla on varastoituna eri määriä kivituhkaa, mutta eivät ole muodostuneet suureksi ongelmaksi. Pienet määrät voidaan hyödyntää esim. monttujen maisemointiin tulevaisuudessa.

Murskaustekniikan muuttaminen kivituhkan syntymisen ehkäisemiseksi osoittautui hyvin pitkälti jo toteutetuksi. Tekniset muutokset saattaisivat huonontaa tuotetun lajikkeen laatua, tuomatta kuitenkaan merkittäviä muutoksia tuotetun kivituhkan määrään. Murskausurakoitsijoiden ammattitaito yleisesti on hyvällä tasolla ja murskauskalustoa kehitetään jatkuvasti. Nykyään murskausurakoitsijoilla on käytössään ohjelmia, joilla voidaan laskea melko tarkasti esim. syntyvän kivituhkan prosentuaalinen määrä kun tiedetään kiviaineksen laatuominaisuudet ja käytettävä kalusto.

Kivituhkan suhteutus muihin lajikkeisiin on yleinen käytäntö Destialla. Suhteutuksella tarkoitetaan sitä, että kun tehdään raekooltaan isompaa mursketta, esim. 0/63 mm niin joissain tapauksissa lajikkeessa ei ole riittävästi pienempää raekokoa täyttämään CE-merkinnän vaatimukset. Kivituhka on raekooltaan pienempää ja siinä on suhteellisen paljon hienoaainesta. Suhteutus on toteutettava tarkasti ja huolehdittava perusteellisesta sekoituksesta. Kaikki varastoitu kivituhka ei kuitenkaan välttämättä sovellu suhteutettavaksi mihinkään lajikkeeseen. Kivituhkan ja suhteutettavan lajikkeen raakeisuuskäyrien on korreloitava keskenään. Toimenpide on hyvä ja toimiva, jos suhteutukseen sopiva kivituhka löytyy läheltä, koska kuljetuskustannusten takia kivituhkaa ei kannata tuoda kauempaa.

Rakennuskäyttöön kivituhkaa on tarjottu suodatinmateriaaliksi sekä putki- ja kaapelikaivantoihin täyttömateriaaliksi, mutta usein kivituhkassa hienoaainesta on liikaa ja näin ollen se on kelpaamaton ta routivuutensa takia. Jos näiden materiaalien jatkojalostaminen routimattomaksi täyttömateriaaliksi on kustannustehokasta, niin silloin se kannattaa tehdä. Hienoainekseen poistaminen vanhoista varastokasoista on ongelmallista ja kallista. Varastokasat imevät sadevettä ja kostea hienoaaines paakkuuntuu seulottaessa. Teoriassa kasoja pitäisi hämmmentää ja kuivattaa ennen seulontaa, koska kostea hienoaaines paakkuuntuessaan tukkii seulan.

Betoniteollisuuden käyttöön tarjottu kivituhka ole juuri kiinnostanut, koska soraa on vielä toistaiseksi tarjolla. Tulevaisuudessa betoniteollisuuden kysyntä kivituhkalle voi olla hyvinkin suurta, koska nyky-

trendinä sorankäyttö on vähenemään päin ja lisäksi soravarantomme eivät ole ikuisia ja ympäristö- ja maa-aineslupia myönnetään uusille soraomenteille entistä vähemmän.

Kivituhkan syntymisen ehkäisemiseksi voidaan vaikuttaa esim. kuluttajien ohjauksella. Kuluttajien ohjauksella tarkoitan sitä, että jos ennen murskattiin esim. 0/32 mm lajiketta ja se katkaistiin edelleen 6/16 mm:n salaojasepeliksi ja 16/32 mm:n sepeliksi. Nykyään samanlaisessa murskauksessa tehdään 0/16 mm kalliomursketta ja 16/32 mm salaojasepeliä. Tässä tapauksessa kivituhkaa ei jää varastoitavaksi, koska 0/16 mm kalliomurske on oma tuotteensa. Aikaisemmin ja vielä tänäkin päivänä osa rakentajista haluaa käyttää 6/16 mm salaojasepeliä salaojien ympärystäytämateriaalina. Ongelmana sepelin tuottajalle on se, että nyt hyödyntämättä jää 0-6 mm kiviainesta. Vaihtoehtoisesti asiakkaalle voitaisiin tarjota salaojasepeliksi 16/32 mm:n sepeliä, joka myös soveltuu salaojasepeliksi eikä kivituhkaa jäisi varastoitavaksi.

Haastattelututkimuksen konkreettisin ja käyttökelpoisin idea on ilmaluokittimen käyttö murskausprosessissa. Menetelmä voisi olla erityisen hyödyllinen esim. asfalttikivien murskauksen yhteydessä, tai ylipäänsä murskauksissa joissa kivituhkaa syntyy paljon. Kivituhkasta voisi tehdä prosessin aikana sopivaa lajiketta esim. putki- ja kaapelikaivantojen täyttömateriaaliksi. Kivituhkan jatkojalostukseen vaikuttaa alueen sijainti, käyttötarve määrittää tehtävän lajikkeen laadun. Esim. Jos murskataan kaukana asutuskeskuksista, niin voi olettaa, että putki- ja kaapelikaivantoja ei kaiveta kovinkaan paljon.

5 KIVITUHKAN JATKOJALOSTAMINEN ILMALUOKITTIMEN AVULLA

5.1 Idean synty

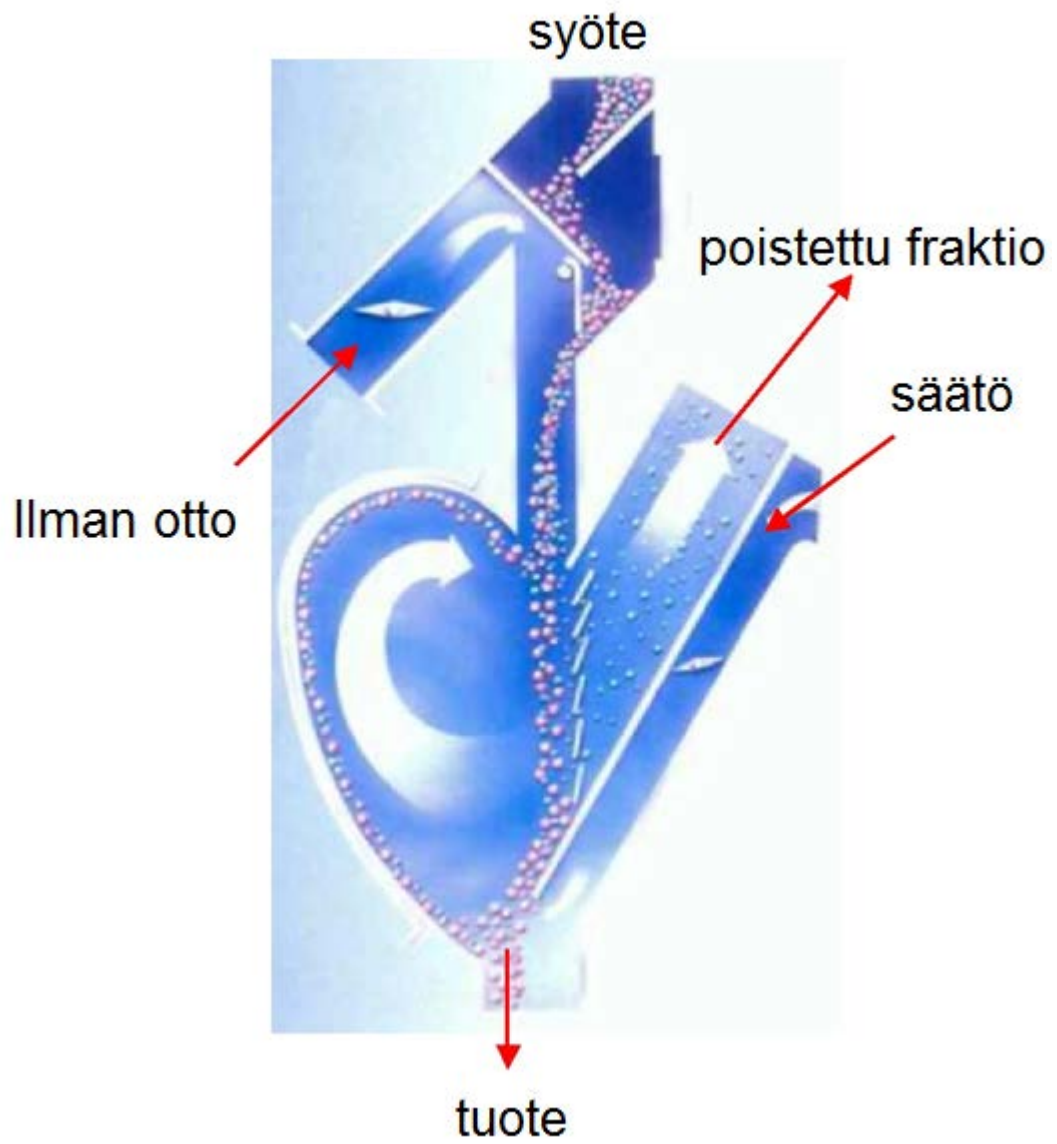
Haastatteluja tehtäessä Oulun kiviainesyksikön myyntipäällikkö Jukka Salovaara kertoi, että Rudus Oy on kehittänyt kivituhkan hyötykäyttöä betoniteollisuuden tarpeisiin. Murskausprosessiin liitettiin ilmaluokitin, joka pystyy tehokkaasti erottelemaan hienoainesta murskattavasta lajikkeesta. Lisätietoja varten työssä haastateltiin Reijo Savolaista, joka on Rudus Oy:n toimialajohtaja.

5.2 Yleistä Nordbeg AC 27 -ilmaluokittimesta

Rudus Oy on Suomessa kivi- ja betonirakentamisen johtava yhtiö ja se on aloittanut ensimmäisenä Suomessa jalostamaan kivituhkaa suoraan murskausprosessista betoniteollisuuden tarpeisiin. Jalostetulla kivituhkalla korvataan soramateriaalia betonin valmistuksessa. Menetelmä on mahdollistanut sen, että jopa 80 % betonisorasta pystytään korvaamaan kivituhkalla. (Savolainen 2015-4-2)

Menetelmässä kivituhka otetaan murskausprosessista tuoreeltaan talteen ja sitä voidaan seuloa mekaanisesti ja paineilman avulla. Mekaanisesti voidaan seuloa yli 2 mm:n kokoiset rakeet ja paineilmalla seulominen mahdollistaa alle 2 mm:n rakeiden jakamisen jopa neljäksi eri raekooksi. Hienompien jakeiden seulominen edellyttää, että materiaalin kosteusprosentti on alle 0,5 %. Tästä syystä vanhojen varastokasojen hyödyntäminen sellaisenaan ei onnistu, koska ajan saatossa ne ovat kastuneet ja kasojen kuivaaminen ei ole kustannustehokasta. (Savolainen 2015-4-2)

Kuvasta 13 nähdään, että ilmaluokittimen erotus perustuu paineilman ja gravitaation yhteisvaikutukseen. Ilmaluokittimeen syötetään kiviainesta murskausprosessista, raskaammat fraktiot menevät suoraan luokittimen läpi ja pienemmät fraktiot imetään kompressorin avulla erilleen muusta tuotteesta. Ilmamäärän säätämällä vaikutetaan poistettavan fraktion kokoon ja määrään. Menetelmällä saadaan kivituhkasta poistettua routiva hienoaines ja jäljelle jää karkeampi ja routimaton kiviaines. Valmiin tuotteesta on hyvä tehdä rakeisuustutkimuksia, jotta saadaan seurattua kivituhkasta poistettua hienoaineksen määrää.



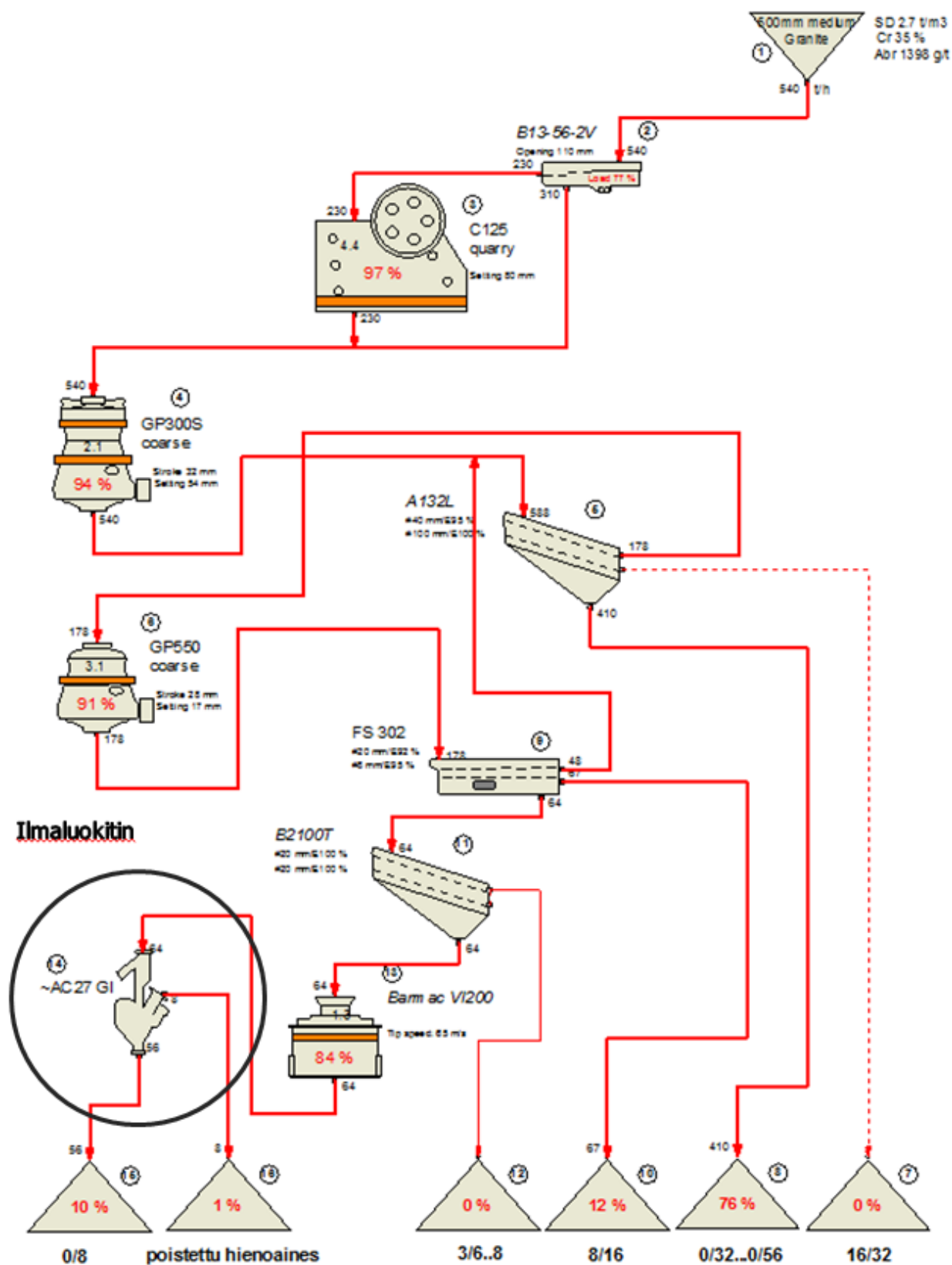
Kuva 13 Nordberg AC 27 -ilmaluokittimen periaatekuva (Rudus Oy 2015)

5.3 Ilmaluokittimen sijoittaminen murskausprosessiin

Kuvasta 14 nähdään, että ilmaluokitin sijoitetaan murskausprosessin loppupäähän. Kuvan 14 mukaisessa murskausprosessissa tuotetaan neljää pääajiketta ja sivutuotteena syntyy kivituhkaa sekä hienoaainesta. Tuotetut lajikkeet ja esimerkit käyttökohteista on lueteltu alla:

- 3/6..8 mm:n kiviainesta käytetään tyypillisesti hiekoitussepelinä
- 8/16 mm:n kiviainesta käytetään tyypillisesti salaojasepelinä ja yleisesti maarakentamisessa (pihat, autotallien päällysrakenteet yms.)
- 0/32 ja 0/56 mm:n kiviainesta käytetään tyypillisesti kantavan kerroksen materiaaleina
- 16/32 mm:n kiviainesta voidaan myös käyttää salaojasepelinä ja yleisesti maarakentamisessa (pihat, autotallien päällysrakenteet yms.)
- 0/8 mm:n kiviaines on tässä tapauksessa kivituhkaa, eli ylijäämää kaikista muista lajikkeista.

Yleisesti murskausprosessissa ei ole ilmaluokitinta ja tässä tapauksessa 0/8 mm:n kivituhka jäisi ehkä hyödyntämättä. Ilmaluokittimella voidaan poistaa kivituhkasta hienoaainesta pois ja sillä tavoin kivituhkasta on mahdollista saada routimatonta kiviainesta jota voitaisiin hyödyntää maarakentamisessa.

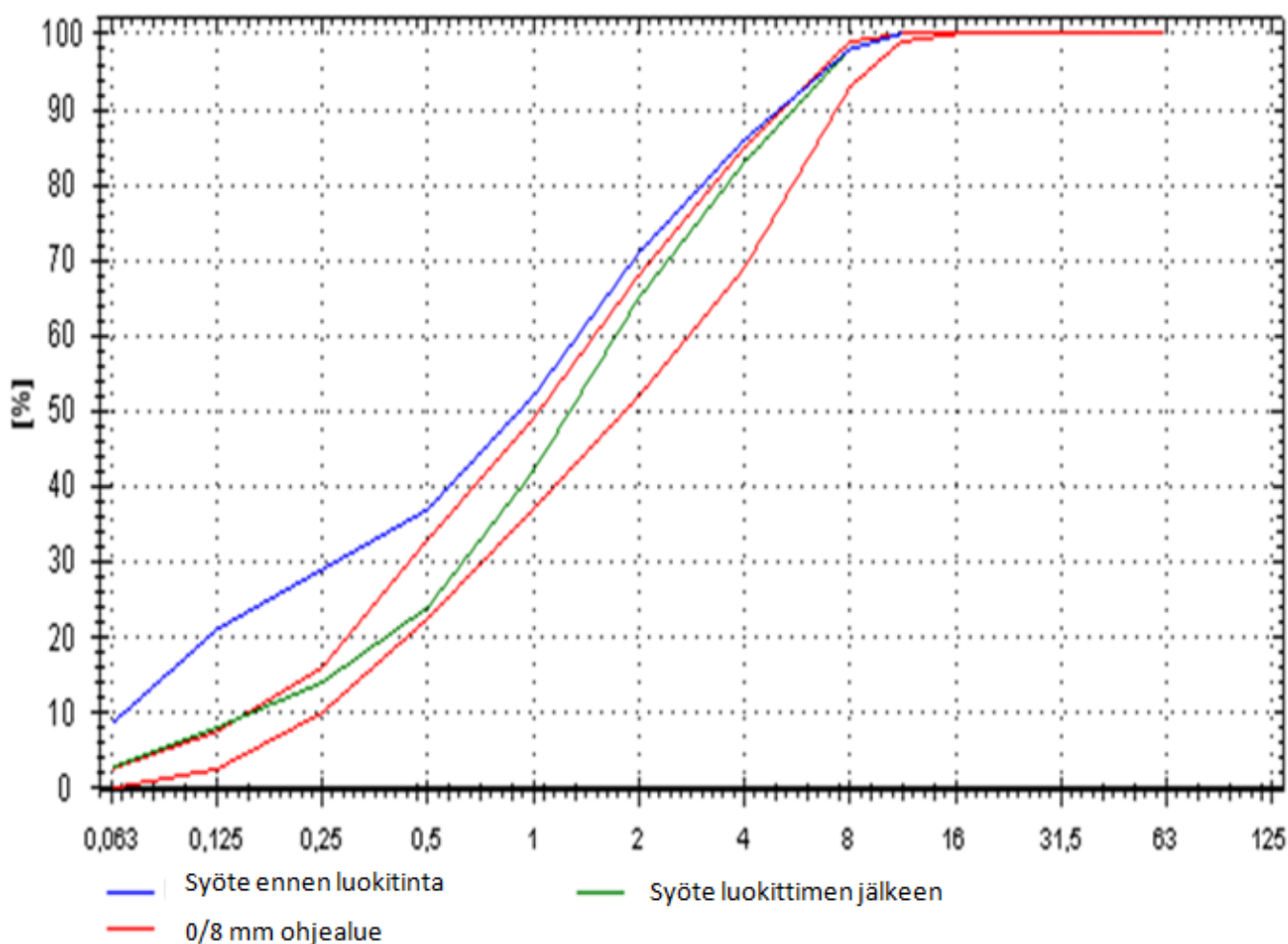


Kuva 14 Ilmaluokittimen sijoittaminen murskausprosessiin (Rudus Oy, muokattu lähteestä Rudus Oy 2015)

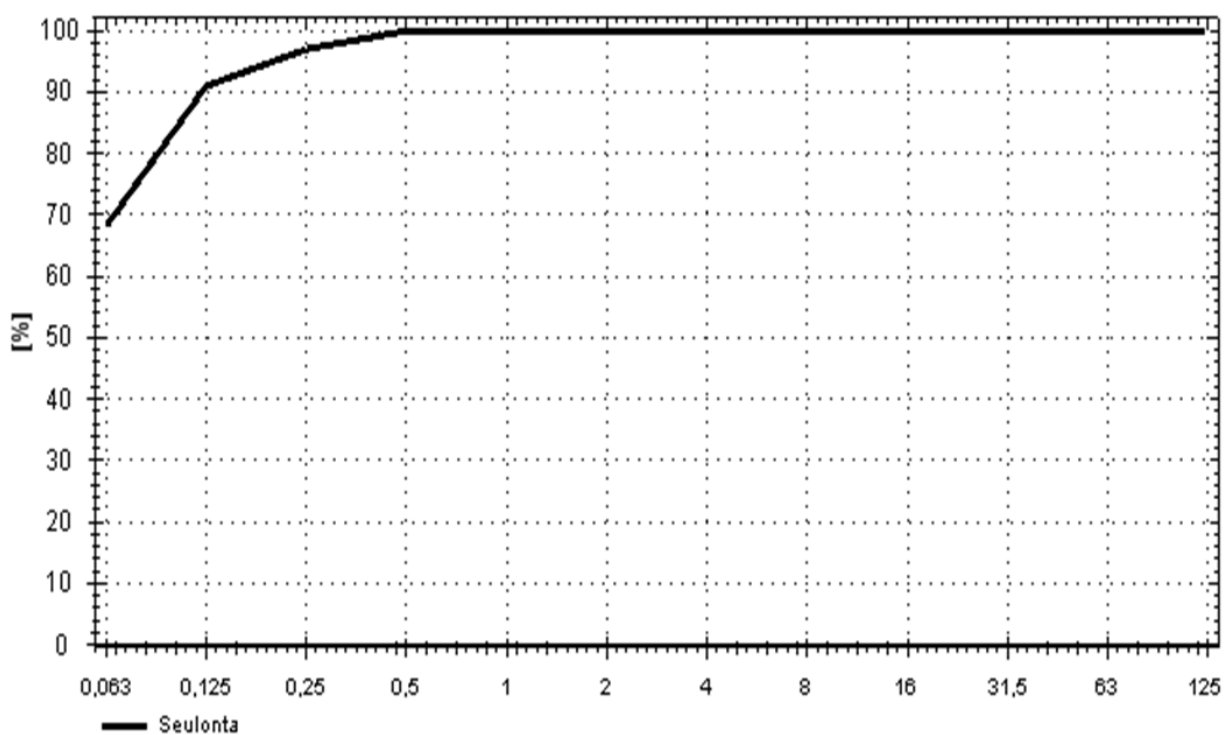
5.4 Ilmaluokittimen hyödyt

Kuviosta 1 voidaan nähdä ilmaluokittimen käytön vaikutukset, kun luokittimeen syötetään 0/8 mm:n kivituhkaa. Syötteelle on tehty rakeisuustutkimukset ennen luokittamista ja luokituksen jälkeen. Kuvassa oleva sininen viiva on syötteen rakeisuustutkimuksen tulos ennen luokitusta, punaiset kuvas-tavat tavoiteltavaa ohjealuetta ja vihreä kuvastaa syötteen rakeisuustutkimuksen tulosta luokituksen jälkeen. Ohjealueella tarkoitetaan punaisten viivojen väliin jäävää aluetta ja rakeisuus pyritään saamaan tämän alueen sisäpuolelle.

Kuviosta 2 nähdään syötteestä poistettujen fraktioiden prosentuaalinen määrä. Tässä tapauksessa ilmaluokitin on säädetty poistamaan 0-0,5 mm:n rakeita. Hienoaineksen poistamisella saadaan kivi-tuhkan rakeisuus pysymään tavoitellulla ohjealueella. Vertaamalla tuloksia ennen luokittimen käyttöä ja sen jälkeen voidaan selvästi havaita hienoaineksen määrän väheneminen ja tavoitellun rakeisuus-käyrän saavuttaminen.



Kuvio 1 0/8 mm:n kivituhkan koeseulonta ilmaluokittimen jälkeen (Rudus Oy 2015, muokattu lähteestä Rudus Oy 2015)



Kuvio 2 Hienoaineksen poistomäärä (Rudus Oy 2015)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn konkreettisena tavoitteena oli selvittää varastoidun kivituhkan määrä sekä nykyiset ja mahdollisesti uudet käyttökohteet Destia Oy:ssä. Kivituhkamäärien selvittämistä varten tehtiin esitetolomake, johon tuli taulukoida jokaisen alueen varastoidut kivituhkalajikkeet ja -määrät. Taulukko lähetettiin jokaiselle kiviainesyksikölle täytettäväksi ennen haastattelututkimusta. Haastattelututkimus sujui hyvin ja tutkimuksessa saatiin arvokasta tietoa ja näkökulmia henkilöstöltä. Eri kiviainesyksiköiden alueille varastoidut kivituhkamäärät on lueteltu alla

- Pohjois-Suomi: n. 56 000 t
- Keski-Suomi: n. 50 000 t
- Itä-Suomi: n. 4400 t
- Länsi-Suomi: n. 45 000 t
- Etelä-Suomi: n. 40 000 t
- Yhteensä: n. 194 000 t.

Kokonaiskuvaa katsottaessa määrä ei ole erityisen suuri, etenkin kun varsinaisia ongelma-alueita on vain muutamia. Vanhan kivituhkan hyödyntäminen hyödyntäminen osoittautui vaikeaksi, mutta ehkä ilmaluokittimen käyttöönotolla päästäisiin tilanteeseen, jossa varastoitavaa kivituhkaa syntyisi huomattavasti vähemmän.

Keskeisimmät tekijät kivituhkan suureen syntymäärään vaikuttavista seikoista on varmasti asfalttikivien ja sepelin teko. Toinen konkreettinen havainto oli, että murskaustekniikalla voidaan vaikuttaa vain vähäisiä määriä varsinaisen kivituhkan syntymiseen. Murskaustekniikalla voidaan vaikuttaa syntyvän hienoaineksen määrään, mutta se vaikuttaa lähinnä tuotteen laatuun. Ilmaluokittimen käyttöönotolla saataisiin kivituhkasta routimatonta, joka saattaisi kelvata maarakennuskäyttöön, eikä jäisi varastoitavaksi. Luonnollisesti ilmaluokittimen käyttöönoton soveltuvuus ja kustannukset pitäisi selvittää ennen murskausta.

Kirjallisuustutkimusta tehtäessä selvisi varsin pian, että kivituhkan hyödyntäminen on haasteellista. Kivituhka ja hienoaines ovat olleet pitkäaikainen ongelma esim. Isossa-Britanniassa ja Yhdysvalloissa. Kivituhkan jatkojalostaminen esim. käytettäväksi teollisuusprosesseissa tai lisäaineena ei onnistu murskausvaiheessa. Jatkojalostaminen jonkun tuotteen lisäaineeksi vaatisi aivan toisenlaisen tekniikan, eikä toiminta liity nykyiseen kiviainesyksiköiden toimenkuvaan. Ilmaluokittimen käyttö murskausprosessissa olisi ensimmäinen askel jatkojalostamiseen ja sen pystyy helposti yhdistämään nykyiseen murskauskokoonpanoihin ja –käytäntöihin.

Mahdollisia jatkoselvityksiä olisi esim. ilmaluokittimen soveltuvuuden ja kannattavuuden selvittäminen ja kivituhkan jatkojalostuspotentiaali eri alueilla. Jos etukäteen tiedetään murskauksesta, jossa syntyy paljon kivituhkaa, niin voisi selvittää lähialueen tarpeen johon sitä voisi jalostuksen jälkeen hyödyntää.

LÄHTEET

AJANKO, Juha 2015-2-24. Tampereen toimipisteen myyntipäällikkö. [Puhelinhaastattelu.] Kuopio: Destia Oy.

DESTIA OY 2014. Kiviainestuotannon laatukäsikirja standardien SFS-EN 13242, SFS-EN 12620, SFS-EN 13043 ja SFS-EN 13450 mukaisesti. [Pdf-tiedosto.]

DESTIA OY 2015. Ympäristölupahakemus.

HAKANPÄÄ, Antero ja LAPPALAINEN, Pekka. 2009. Kaivos- ja louhintatekniikka. Kaivannaisteollisuusyhdistys RY. Opetushallitus. Vammalan Kirjapaino Oy.

ICAR. INTERNATIONAL CENTER FOR AGGREGATES RESEARCH. Research report ICAR-101-1.[Pdf-tiedosto], [Viitattu: 6.2.2015].

JARVA, Johanna 2011. Ratsastuskenttien pohjamateriaalit. Hämeen ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-01-15.] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201105208893>

KANNISTO, Arto 2015-2-24. Tampereen toimipisteen työmaapäällikkö. [Puhelinhaastattelu.] Kuopio: Destia Oy.

KOPONEN, Hannu 2015-3-4. Mikkelin toimipisteen myyntipäällikkö. [Puhelinhaastattelu.] Kuopio: Destia Oy.

LAKI YMPÄRISTÖNSUOJELUSTA 27.6.2014/527. [Verkkoaineisto]. Saatavissa: <http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojelulaki>

Metso.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-1-16] Saatavissa: [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/1E13E2B4F15BFFADC2257D3C001FB13D/\\$File/Lokotrack%C2%AE_Liikuteltavat_murskaus_ja_seulontalaitokset_Finnish.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/1E13E2B4F15BFFADC2257D3C001FB13D/$File/Lokotrack%C2%AE_Liikuteltavat_murskaus_ja_seulontalaitokset_Finnish.pdf)

MITCHELL, Clive 2009. Quarry fines and waste. Quarries & Mines 2009. [Verkkojulkaisu]. [viitattu 16.01.2015]. Saatavissa: <http://nora.nerc.ac.uk/6290/>

MITCHELL, Clive, MITCHELL, P ja PASCOE, R. 2008. Quarry fines minimization: Can we really have 10 mm aggregate with no fines? [Verkkojulkaisu]. [viitattu 22.01.2015]. Saatavissa: <http://nora.nerc.ac.uk/4932/>

MITCHELL, Clive 2007. Quarry Fines and Waste. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 5.2.2015] Saatavissa: <http://nora.nerc.ac.uk/15901/>

PANK RY. 2011. Asfalttinormit 2011. Päällystealan neuvottelukunta.

Rakennusteollisuus.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-1-5] Saatavissa: <http://www.rakennusteollisuus.fi/INFRA/Tietoa-infra-alasta/Louhinta-ja-kiviaines/>

RASIMUS, Riina 2014. Kivituhan hyödyntäminen massastabiloinnissa. Tampereen teknillinen yliopisto. Talouden ja rakentamisen tiedekunta. Rakennustekniikan laitos. Diplomityö. [Viitattu: 21.1.2015] Saatavissa: <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tty-201405221197>

RUDUS OY, Savolainen Reijo, 2015, Ilmaluokitin, [Powerpoint-esitys.]

SALOVAARA, Jukka 2015-2-13. Oulun toimipisteen myyntipäällikkö. [Puhelinhaastattelu.] Kuopio: Destia Oy.

SAVOLAINEN, Reijo 2015-4-2. Toimialajohtaja, murskaus- ja louhintaurakointi. [Puhelinhaastattelu.] Kuopio: Rudus Oy.

SYKE 2010. Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Ympäristönsuojelu. Helsinki. [Pdf-tiedosto]. [Viitattu 12.1.2015].

VAINIKAINEN, Hannu 2015-9-28. Kuopion toimipisteen myyntipäällikkö. [Haastattelu.] Kuopio: Destia Oy.

WASSHOLM Niko 2008. Kompostin jäkikypsytyksen tehostaminen ja hallinta. Lahden ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikka. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-01-18.] Saatavissa: <http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/12093/2008-05-13-11.pdf?sequence=1>

YLÖSMÄKI, Sauli 2015-2-23. Kouvola toimipisteen myyntipäällikkö. [Puhelinhaastattelu.] Kuopio: Destia Oy

LIITE 2: HAASTATTELUN KYSYMYSRUNKO

Minkä verran alueellenne on varastoitu kivituhkaa?

Onko kivituhka ongelma joillain tietyillä alueilla?

Minkä tyyppisissä (mitä lajitetta tehtäessä) murskauksissa kivituhkaa syntyy eniten?

Minkälaisella kalustolla murskattaessa kivituhkaa syntyy eniten? (Käytetyt murskaimet, vaiheiden määrä, murskaussuhde, avoin/suljettu piiri)

Onko kivituhkan syntymisen ehkäisemiseksi mietitty/yritytty tehdä murskausteknisiä toimenpiteitä?

Onko kivituhkan jatkojalostamista esim. seosmateriaaliksi mietitty?

Omia ideoita em. aiheista?

Onko kivituhkalle menekkiä?

Minkätyyppistä menekki on?(jatkuvaa/satunnaista/kausiluontoista)

Jos menekki vähäistä, onko mietitty mahdollisia kohteita/omia ideoita joihin kivituhkaa voisi tarjota ja käyttää?

Markkinoidaanko kivituhkaa/kiviaineksia yleisesti mitenkään?

Kommentteja/vapaa sana?